

경정맥 조영제 주입시 혈관 및 간실질의 조영증강에 영향을 미치는 외부적 인자에 관한 연구

ABSTRACT

A Study of Influencing Factors in the Effectiveness of Vascular and Hepatic Parenchyma Enhancement During Intravenous Injection of Contrast Medium

Dept. of Radiology, Jeonju Presbyterian Hospital
Dong-Hyun Han, Kun-Jo Chang

In this study, when intravenous contrast medium was injected in spiral CT study, the effects of injection volume, injection rate, injection mode, location and lumen of IV catheter on enhancement of contrast medium in aorta, portal vein and liver parenchyma were investigated at the arterial phase, portal phase and delay phase, respectively. The study intended for 360 patients, who were taking radiologic examination of the liver, was done and the results was summarized as below.

1. Increased injection volume of contrast medium induced the contrast enhancement of aorta, portal vein and liver parenchyma($p < 0.05$), whereas it was not observed in arterial phase.
2. Increased injection rate of contrast medium induced the contrast enhancement of aorta and portal vein at the arterial phase, portal phase and delay phase ($p < 0.05$), whereas it was not observed significant change in liver parenchyma.
3. Comparison result between monophasic volume(130 ml) and biphasic(100(contrast medium) + 30 ml(physiological saline)) injection showed no significant difference between two injection modes of contrast medium in contrast enhancement of aorta and portal vein at the arterial phase($p=0.854$, $p=0.259$). But, significant changes were observed at the portal phase and delay phase, respectively($p < 0.05$).
4. When the location of IV catheter was choosed antecubital vein and radial vein, there were significant differences of the contrast enhancement in aorta at the arterial phase, portal phase, portal vein and liver parenchyma($p < 0.05$). And no differences were shown in contrast enhancement at the portal phase and delay phase.
5. The degree of contrast enhancement between 18 G group and 20 G group using contrast injection were evaluated. There were significant differences in the contrast enhancement in aorta at the arterial phase and HU value of the portal vein, respectively. Also, the HU value using 20 G in aorta, portal vein and liver parenchyma at the portal phase was not changed significantly.

6. In the arterial phase, enhancement difference between aorta and liver parenchyma showed maximum in 3.5 ml/sec and 150 ml group. Also, antecubital vein was optimum location of IV catheter for the enhancement, and the maximum HU value was 247.1 in the 18 G using group.

In the portal phase, the maximum enhancement in the liver was showed in 2.5 ml/sec and 150 ml group. Also, antecubital vein was optimum location of IV catheter for the enhancement, and the maximum HU value was 79.0 in the 18 G using group.

The results provided influencing factors on the effectiveness of contrast enhancement as reference data for the optimization for injection methods of contrast medium in hepatic CT study.

I 서 론

인체를 투과한 X-선의 영상을 흑화도의 차이에서 벗어나 광자수의 차이를 도입하면서 보다 세밀한 영상의 흡수차이를 얻을 수 있다는 전산화단층촬영(Computed Tomography, 이하 CT) 개념이 도입된 이래, CT의 검사기술 및 장비의 지속적인 발달로 간 병변의 검출력은 크게 향상되었으며, 이러한 간내병변은 주위 정상 간실질과의 밀도차이로 인지되므로 조영증강 후 영상에서 보다 용이하게 관찰된다(Foley, 1994).

특히 간은 정상적으로 간동맥과 간문맥에서 이중혈액공급(dual blood supply)을 받기 때문에(Walkey, 1991) 적절한 시기에 촬영하면 이중혈액공급에 의한 조영증강을 관찰할 수 있다.

말초정맥으로 주입된 조영제는 심장, 대동맥, 간동맥을 통하여 일차적으로 간에 유입되어 동맥기 영상을 만들고, 상장간막정맥이나 비장정맥을 지나서 간문맥을 통하여 재차 간으로 유입되어 정맥기 영상을 이룬다(Miles, 1993). 또한 혈관을 통하여 정상 간질로 분포되며, 정상 간조직과 국소 병변부위의 조영제 유입속도와 양의 차이는 각 부위의 혈류량과 세포의 충실성, 섬유화, 괴사 등의 정도에 따라 달라진다(Heiken, 1994).

고식적인 CT를 이용한 간 검사는 간 전체를 촬영하는데 1분 이상의 시간이 소요되어 적정 조영증강 기간을 넓히는 것이 중요한 문제였으나, 최근 나선식 및 다중 나선식 CT의 개발로 촬영시간이 5~15초 내외로 단축되어 동맥기, 문맥기, 지연기 시행에 적절한 시간을 맞추는 것에 더 큰 관심이 모아지고 있다(고인호 등, 2003).

또한 최근에는 자동 조영제 주입기술(power injection technique)이 개발되어 조영제의 급속주입이 가능해지고 장비의 발전이 이루어져서 영상획득시간이 대폭 감소하여 1회 조영제 주입으로 여러 시기의 영상을 얻을 수 있게 되면서 조영제 주입방법에 대한 관심도가 더욱 증가하였다(김영근 등, 1997). 따라서 조영제의 주입량, 주입속도 및 주입방법 등에 따른 조영증강 양상을 알게 된다면 최적의 시기에 검사를 시행함으로써 병변의 검출을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 감별 진단에 크게 도움을 받을 수 있을 것이다(김아영, 1999).

본 연구의 목적은 나선식 CT에서 경정맥 조영제 주입시 주입량, 주입속도, 주입방법 및 경정맥도관의 위치, 경정맥 도관의 내경이 동맥기, 문맥기, 지연기에서의 대동맥, 간문맥, 간실질의 조영증강 정도에 미치는 영향을 비교분석하여 조영제 주입방법의 적정화를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

II 대상 및 방법

1. 연구대상

간 삼중시기(3 phase) 검사를 위해 전주 ○○병원을 내원한 환자들 중 간경변, 간암 등의 간질환이 없는 자, 신장질환, 심장 및 기타 혈관계질환이 없는 것으로 나타난 360명을 대상으로 조영제 주입량, 주입속도, 주입방법, 경정맥 도관의 위치, 경정맥 도관의 크기 등을 변화시킨 12그룹으로 나누어 각각 30명씩 검사하였다(Table 1).

Table 1. 검사그룹별 프로토콜

| 그룹 | 검사 대상자수 | 주입속도(ml/sec) | 주입량(ml) | 경정맥 도관위치 | 경정맥 도관내경 |
|----|---------|--------------|----------------------|----------|----------|
| 1 | 30 | 2.5 | 110 | elbow | 18G |
| 2 | 30 | 2.5 | 130 | elbow | 18G |
| 3 | 30 | 2.5 | 100+30 ¹⁾ | wrist | 18G |
| 4 | 30 | 2.5 | 100+30 | elbow | 20G |
| 5 | 30 | 2.5 | 100+30 | elbow | 18G |
| 6 | 30 | 2.5 | 150 | elbow | 18G |
| 7 | 30 | 2.5 | 120+30 | elbow | 18G |
| 8 | 30 | 3.5 | 110 | elbow | 18G |
| 9 | 30 | 3.5 | 130 | elbow | 18G |
| 10 | 30 | 3.5 | 100+30 | elbow | 18G |
| 11 | 30 | 3.5 | 150 | elbow | 18G |
| 12 | 30 | 3.5 | 120+30 | elbow | 18G |

1) : 조영제 100 ml 주입직후 생리식염수 30 ml를 주입하는 이중주입법

Table 2. 조영제 주입량과 조영증강효과

| 검사그룹 | ROI 측정위치 | 동맥기 (HU) | 문맥기 (HU) | 지연기 (HU) |
|----------------------------|-------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| 2,5-110-e-18 ¹⁾ | Aorta | 174.0±11.2 ²⁾ | 114.4±10.3 | 74.1±8.3 |
| | Portal vein | 47.0±11.5 | 130.6±11.1 | 64.1±7.0 |
| | Liver | 8.6±3.3 | 54.1±6.7 | 38.7±5.0 |
| 2,5-130-e-18 | Aorta | 171.7±18.6 | 127.2±10.9 [*] | 81.6±10.8 [*] |
| | Portal vein | 49.6±14.0 | 152.2±15.0 [*] | 83.1±9.8 [*] |
| | Liver | 5.6±5.9 [*] | 60.5±8.1 [*] | 48.7±6.5 [*] |
| 2,5-150-e-18 | Aorta | 187.5±12.8 [*] | 211.7±14.6 [*] | 115.7±5.7 [*] |
| | Portal vein | 44.2±8.0 | 183.2±7.9 [*] | 117.3±5.7 [*] |
| | Liver | 6.1±2.6 | 79.0±7.7 [*] | 61.9±6.1 [*] |
| 3,5-110-e-18 | Aorta | 217.2±12.1 | 117.6±10.9 | 69.9±8.8 |
| | Portal vein | 45.6±11.2 | 138.5±12.0 | 73.7±6.5 |
| | Liver | 9.9±4.4 | 58.0±7.6 | 35.9±6.1 |
| 3,5-130-e-18 | Aorta | 251.7±15.4 [*] | 129.8±8.2 [*] | 85.4±11.1 [*] |
| | Portal vein | 46.0±6.9 | 155.6±8.8 [*] | 88.3±11.3 [*] |
| | Liver | 7.0±2.9 [*] | 69.0±6.0 [*] | 49.0±7.9 [*] |
| 3,5-150-e-18 | Aorta | 259.2±17.4 [*] | 147.9±14.5 [*] | 91.8±11.6 [*] |
| | Portal vein | 60.3±11.1 [*] | 169.6±13.8 [*] | 96.0±12.7 [*] |
| | Liver | 11.7±4.5 | 73.6±10.3 [*] | 65.0±9.2 [*] |

1) : 주입속도(ml/sec) - 주입량(ml) - 경정맥도관위치(상완부: e, 주관절부: w) - 경정맥도관내경(G)

2) : 산술평균±표준편차

* : Significantly different by t-test at p<0,05

2. 연구방법

1) 연구재료

CT 장비는 Somatom sensation 4(Siemens medical system, Erlangen, Germany)와 주입기는 dual power injector(Nemoto, Japan)를 사용하였다. 사용된 혈관 조영제는 수용성, 비이온성 조영제인 Ultravist 300 (Schering AG, Germany)과 경정맥도관은 18 G, 20 G, Hounsfield unit(CT number, 이하 HU로 약함) 측정 도구는 Somatom sensation 4에 내장되어 있는 관심영역측정(Region of Interest, 이하 ROI로 약함) 소프트웨어(Software)를 이용하였다.

2) 다중 나선식 CT 촬영 전 준비

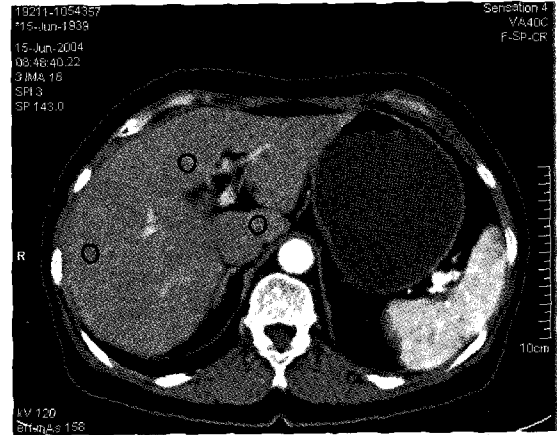
연구대상자들의 각 그룹에 맞는 조영제 주입량, 주입 속도, 주입방법, 경정맥도관의 위치, 경정맥도관의 내경 등이 변화된 조건별로 준비하였다.

3) 조영제의 주입방법

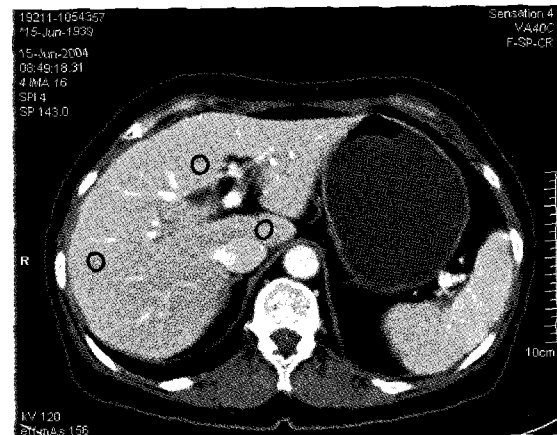
주입속도는 2.5 ml/sec, 3.5 ml/sec, 주입량은 100 ml, 130 ml, 150 ml 주입방법은 단일조영제 주입법, 조영제 주입 후 생리식염수 주입법으로 경정맥도관의 위치는 상완부, 주관절부, 경정맥도관의 내경은 18 G, 20 G로 각각 변화시키면서 주입하였다(Table 1).

4) 다중 나선식 CT 촬영

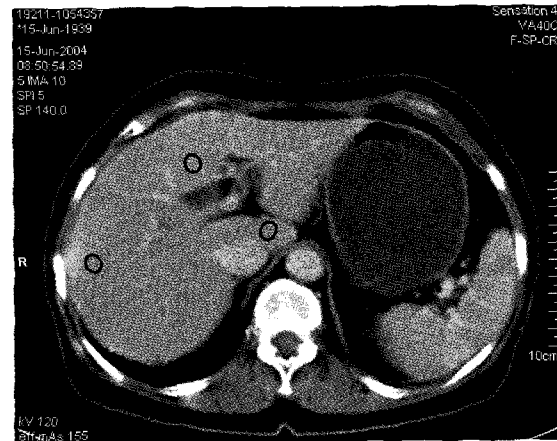
관전류 165 mA, 관전압 125 Kvp하에 다중 나선식 CT의 특성상 X-선 관구축 선속조절기(collimator)는 10 mm, X-선 검출기는 2.5 mm 검출기 4개를 사용하여 1회전에 4절편(slice)의 Raw data를 획득한 후 컴퓨터적인 재구성 단계를 거쳐 5 mm 횡단영상(axial image)을 얻었다. 먼저 다양한 방법들로 조영제 주입 준비를 완료한 후 간의 상연부(liver dome)를 충분히 포함시켜 간하각(inferior angle of liver)까지 조영제 주입 전 영상(pre-enhancement scan image)을 얻고, 조영제 주입시작 후 30초에 동맥기 영상을 얻고, 70초에 문맥기, 180초에 지연기 영상을 얻었다(Fig. 1). 조영제 주입 후 생리식염수 주입방법은 이중자동주입기를 이용하여 조영제를 주입하고 조영제 주입속도와 동일한 주입속도로 생리식염수를 주입하는 방법을 사용하였다.



Arterial phase (30 sec)



Portal phase (70 sec)



Delay phase (180 sec)

Fig. 1. 간의 ROI측정위치: 동맥기, 문맥기, 지연기의 동일한 위치에서 ROI측정

5) 영상분석

다중 나선식 CT에 내장되어있는 ROI 소프트웨어를 이용하여 대동맥, 간문맥, 간실질이 모두 나타나는 부위에서 ROI를 측정하였다. 이는 조영 전 영상, 동맥기, 문맥기, 지연기 영상 모두 동일하게 실시하였다(Fig. 1). 각 그룹별로 HU값을 측정한 후 조영 전 영상의 HU값을 빼서 실제 조영제의 주입 후 조영증강 값을 산출하였다.

통계처리는 SPSS(ver 10.1 kor)의 빈도분석과 t-test를 이용하여 조영제 주입시 부위별 조영증강효과를 분석하였다.

1. 조영제 주입량과 조영증강효과

2.5 ml/sec군에서 조영제 주입량이 증가함에 따라 간문맥, 간실질에서 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 특히 문맥기에서의 대동맥, 간문맥, 간실질 모두 급격한 증가 추세를 나타냈다. 한편 동맥기에서 대동맥의 HU의 변화는 110 ml에서 130 ml로 주입량이 증가하였으나, HU는 174±11.2에서 171±18.6으로 거의 변화가 없었고, 150 ml군에서만 187.5±12.8로 증가하였다. 또한 동맥기의 간문맥 및 간실질의 조영증강효과는 주입량의 증가와 관계가 적었다.

3.5 ml/sec군에서는 조영제 주입량이 증가함에 따라 간문맥과 간실질에서 유의한 차이를 나타냈다(p<0.05)(Table 2).

III 연구결과

Table 3. 조영제 주입속도와 조영증강효과

| 검사그룹 | ROI 측정위치 | 동맥기 (HU) | 문맥기 (HU) | 지연기 (HU) |
|----------------------------|-------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| 2.5-110-e-18 ¹⁾ | Aorta | 174.0±11.2 ²⁾ | 114.4±10.3 | 74.1±8.3 |
| | Portal vein | 47.0±11.5 | 130.6±11.1 | 64.1±7.0 |
| | Liver | 8.6±3.3 | 54.1±6.7 | 38.7±5.0 |
| 3.5-110-e-18 | Aorta | 217.2±12.1 [*] | 117.6±10.9 | 69.9±8.8 |
| | Portal vein | 45.6±11.2 | 138.5±12.0 [*] | 73.7±6.5 [*] |
| | Liver | 9.9±4.4 | 58.0±7.6 [*] | 35.9±6.1 [*] |
| 2.5-130-e-18 | Aorta | 171.7±18.6 | 127.2±10.9 | 81.6±10.8 |
| | Portal vein | 49.6±14.0 | 152.2±15.0 | 83.1±9.8 |
| | Liver | 5.6±5.9 | 60.5±8.1 | 48.7±6.5 |
| 3.5-130-e-18 | Aorta | 251.7±15.4 [*] | 129.8±8.2 | 85.4±11.1 |
| | Portal vein | 46.0±6.9 | 155.6±8.8 | 88.3±11.3 |
| | Liver | 7.0±2.9 | 69.0±6.0 [*] | 49.0±7.9 |
| 2.5-150-e-18 | Aorta | 187.5±12.8 | 211.7±14.6 | 115.7±5.7 |
| | Portal vein | 44.2±8.0 | 183.2±7.9 | 117.3±5.7 |
| | Liver | 6.1±2.6 | 79.0±7.7 | 61.9±6.1 |
| 3.5-150-e-18 | Aorta | 259.2±17.4 [*] | 147.9±14.5 [*] | 91.8±11.6 [*] |
| | Portal vein | 60.3±11.1 [*] | 169.6±13.8 [*] | 96.0±12.7 [*] |
| | Liver | 11.7±4.5 [*] | 73.6±10.3 [*] | 65.0±9.2 |

1): 주입속도(ml/sec) - 주입량(ml) - 경정맥도관위치(상완부:e, 주관절부:w) - 경정맥도관내경(G)

2): 산술평균±표준편차

*: Significantly different by t-test at p<0.05

2. 조영제 주입속도와 조영증강효과

조영제 주입량 등의 다른 변수를 동일하게 하고 주입 속도를 2.5 ml/sec에서 3.5 ml/sec로 증가시킨 결과 2.5 ml/sec, 150 ml군과 3.5 ml/sec, 150군에서 동맥기, 문맥기, 지연기에서의 대동맥과 간문맥의 조영증강효과는 유의한 증가를 보였다(p<0.05). 그러나 2.5 ml/sec 110

ml군과 3.5 ml/sec, 110 ml군에서는 문맥기와 지연기의 대동맥에서 유의한 변화가 없었고, 2.5 ml/sec, 130 ml군과 3.5 ml/sec, 130 ml군에서는 간문맥과 간실질의 조영증강효과는 유의한 변화가 없었다. 한편 동맥기와 지연기에 간실질의 조영증강효과는 주입속도가 증가함에 따라 유의한 변화를 보이지 않았다(Table 3).

Table 4. 조영제 주입방법과 조영증강효과

| 검사그룹 | ROI 측정위치 | 동맥기 (HU) | 문맥기 (HU) | 지연기 (HU) |
|----------------------------|-------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| 2,5-130-e-18 ¹⁾ | Aorta | 171.7±18.6 ²⁾ | 127.2±10.9 | 81.6±10.8 |
| | Portal vein | 49.6±14.0 | 152.2±15.0 | 83.1±9.8 |
| | Liver | 5.6±5.9 | 60.5±8.1 | 48.7±6.5 |
| 2,5-100+30-e-18 | Aorta | 172.5±12.8 | 117.8±12.5 [*] | 71.4±10.0 [*] |
| | Portal vein | 48.8±11.2 | 128.7±17.1 [*] | 62.7±7.9 [*] |
| | Liver | 10.6±6.3 [*] | 54.2±7.5 [*] | 36.5±5.5 [*] |
| 2,5-150-e-18 | Aorta | 187.5±12.8 | 211.7±14.6 | 115.7±5.7 |
| | Portal vein | 44.2±8.0 | 183.2±7.9 | 117.3±5.7 |
| | Liver | 6.1±2.6 | 79.0±7.7 | 61.9±6.1 |
| 2,5-120+30-e-18 | Aorta | 175.9±10.9 [*] | 147.2±15.7 [*] | 76.7±7.9 [*] |
| | Portal vein | 44.5±8.4 | 175.4±13.5 [*] | 75.4±9.6 [*] |
| | Liver | 7.7±4.1 | 64.2±6.9 [*] | 45.7±7.7 [*] |
| 3,5-130-e-18 | Aorta | 251.7±15.4 | 129.8±8.2 | 85.4±11.1 |
| | Portal vein | 46.0±6.9 | 155.6±8.8 | 88.3±11.3 |
| | Liver | 7.0±2.9 | 69.0±6.0 | 49.0±7.9 |
| 3,5-100+30-e-18 | Aorta | 219.5±17.9 [*] | 125.9±10.9 | 72.6±12.1 [*] |
| | Portal vein | 46.2±9.5 | 148.5±11.8 [*] | 70.3±11.0 [*] |
| | Liver | 9.3±3.2 [*] | 57.0±7.6 [*] | 36.2±6.3 [*] |
| 3,5-150-e-18 | Aorta | 259.2±17.4 | 147.9±14.5 | 91.8±11.6 |
| | Portal vein | 60.3±11.1 | 169.6±13.8 | 96.0±12.7 |
| | Liver | 11.7±4.5 | 73.6±10.3 | 65.0±9.2 |
| 3,5-120+30-e-18 | Aorta | 254.3±12.1 | 129.3±14.5 [*] | 85.5±9.0 |
| | Portal vein | 54.7±9.9 | 151.4±9.4 [*] | 79.9±10.4 [*] |
| | Liver | 7.1±3.4 [*] | 63.5±9.7 [*] | 45.7±8.2 [*] |

1) : 주입속도(ml/sec) - 주입량(ml) - 경정맥도관위치(상완부 : e, 주관절부 : w) - 경정맥도관내경(G)

2) : 산술평균±표준편차

* : Significantly different by t-test at p<0,05

3. 조영제 주입방법과 조영증강효과

비이온성 조영제인 Ultravist 300만을 조영에 이용한 단일조영군과 Ultravist 300을 일정량 주입 후 생리 식염수(0.9%)를 주입하는 이중조영군으로 나누어 실시한 결과, 동맥기의 대동맥과 간문맥이 2.5 ml/sec의 130 ml, 100+30 ml와 3.5 ml/sec의 150 ml, 120+30 ml 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.854, p=0.259). 그러나 문맥기와 지연기에서는 유의한 차이를 나타냈다(p<0.05). 3.5 ml/sec에서는 문맥기와 지연기에서 전반적인 유의한 차이를 보였다. 한편 간실질의 경우는 2.5 ml/sec, 3.5 ml/sec에서 유의한 차이를 나타냈다(p<0.05)(Table 4).

4. 경정맥도관의 위치와 조영증강효과

조영제의 주입속도, 주입방법 및 주입량을 일정하게 하면서 경정맥도관의 위치를 상완부와 주관절부로 변화시켰을 때, 동맥기의 대동맥, 간문맥, 간실질과 문맥기의 대동맥에서 유의한 변화를 나타냈다(p<0.05). 문맥강조기와 지연기에서는 유의한 차이가 없었다(Table 5).

5. 경정맥도관의 내경과 조영증강효과

조영제의 주입속도, 주입방법 및 조영제 주입량을 일정하게 하면서 경정맥도관의 내경을 18G와 20G로 변화시켰을 때 동맥기의 대동맥과 간문맥의 HU값에서 유의한 차를 나타냈고(p<0.05), 또한 문맥기와 지연기의 대동맥, 간문맥, 간실질은 통계적인 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05)(Table 6).

Table 5. 경정맥도관의 위치와 조영증강효과

| 검사그룹 | ROI 측정위치 | 동맥기 (HU) | 문맥기 (HU) | 지연기 (HU) |
|-------------------------------|-------------|--------------------------|-------------------------|-----------|
| 2,5-100+30-e-18 ¹⁾ | Aorta | 172,5±12,8 ²⁾ | 117,8±12,5 | 71,4±10,0 |
| | Portal vein | 48,8±11,2 | 128,7±17,1 | 62,7±7,9 |
| | Liver | 10,6±6,3 | 54,2±7,5 | 36,5±5,5 |
| 2,5-100+30-w-18 | Aorta | 161,8±12,0 [*] | 106,9±16,7 [*] | 74,6±9,8 |
| | Portal vein | 33,3±10,2 [*] | 129,0±19,4 | 65,6±10,8 |
| | Liver | 6,1±3,4 [*] | 50,3±5,9 [*] | 36,9±6,1 |

1): 주입속도(ml/sec) - 주입량(ml) - 경정맥도관위치(상완부 : e, 주관절부 : w) - 경정맥도관내경(G)

2): 산술평균±표준편차

*: Significantly different by t-test at p<0.05

Table 6. 경정맥도관의 내경과 조영증강효과

| 검사그룹 | ROI 측정위치 | 동맥기 (HU) | 문맥기 (HU) | 지연기 (HU) |
|-------------------------------|-------------|--------------------------|------------------------|-----------|
| 2,5-100+30-e-18 ¹⁾ | Aorta | 172,5±12,8 ²⁾ | 117,8±12,5 | 71,4±10,0 |
| | Portal vein | 48,8±11,2 | 128,7±17,1 | 62,7±7,9 |
| | Liver | 10,6±6,3 | 54,2±7,5 | 36,5±5,5 |
| 2,5-100+30-e-20 | Aorta | 157,0±9,5 [*] | 104,6±8,8 [*] | 68,7±8,1 |
| | Portal vein | 31,2±5,0 [*] | 127,0±15,5 | 64,4±8,9 |
| | Liver | 8,1±3,3 | 49,9±10,3 | 36,1±9,4 |

1): 주입속도(ml/sec) - 주입량(ml) - 경정맥도관위치(상완부 : e, 주관절부 : w) - 경정맥도관내경(G)

2): 산술평균±표준편차

*: Significantly different by t-test at p<0.05

Table 7. 동맥기에서 대동맥과 간실질간의 조영증강효과의 차 및 문맥기에서 간실질의 조영증강효과

| 검사그룹 | 동맥강조기 대동맥-간실질(HU) | 문맥강조기 간실질(HU) |
|-------------------------------|----------------------|--------------------|
| 2.5-100+30-e-20 ¹⁾ | 155.6 ²⁾ | 50.3 ³⁾ |
| 2.5-100+30-w-18 | 161.9 | 54.2 |
| 2.5-100+30-e-18 | 148.9 | 49.9 |
| 2.5-110-e-18 | 165.4 | 54.1 |
| 2.5-130-e-18 | 166.1 | 60.5 |
| 2.5-120+30-e-18 | 168.2 | 64.2 |
| 2.5-150-e-18 | 181.4 | 79.0 |
| 3.5-110-e-18 | 210.2 | 57.0 |
| 3.5-130-e-18 | 207.3 | 58.0 |
| 3.5-120+30-e-18 | 244.7 | 69.0 |
| 3.5-150-e-18 | 247.1 | 63.5 |

- 1): 주입속도(ml/sec) - 주입량(ml) - 경정맥도관위치(상완부: e, 주관절부: w) - 경정맥도관내경(G)
- 2): 동맥강조기에서 대동맥과 간실질의 HU간의 차의 산술평균
- 3): 문맥강조기에서 간실질의 HU의 산술평균

6. 동맥기에서 대동맥과 간실질과의 조영효과의 차 및 문맥기에서 간실질의 최대 조영효과

2.5 ml/sec, 3.5 ml/sec 그룹에서 조영제 주입량이 증가함에 따라 대동맥과 간실질과의 조영효과의 차이는 증가했다. 또한 주입속도가 높을수록 급격히 증가하였다. 주입속도, 경정맥도관의 내경이 클수록 증가했고, 경정맥도관의 위치가 상완부, 조영제 단일주입법에서 높게 측정되었다.

2.5 ml/sec, 3.5 ml/sec 그룹에서 주입총량이 증가할수록 문맥강조기의 간실질의 HU값이 증가하는 경향을 나타냈다. 주입속도, 경정맥도관의 내경이 클수록 증가했고, 경정맥도관의 위치가 상완부, 조영제 단일주입법에서 문맥강조기의 간실질이 조영효과가 높게 측정되었다(Table 7).

IV 고 찰

말초혈관으로 주입된 조영제는 체내분포양상에 따라

시기적으로 세 단계를 거치는 것으로 설명된다. 주입기(injection period)는 혈관내로 조영제를 주입하는 시기로 혈관 내 조영제의 농도가 급속히 상승하는 시기이며, 재분산기(redistribution period)는 조영제의 주입이 끝난 후 부터 시작되어 조영제가 혈관에서 혈관 외 공간(extravascular space)으로 확산되면서 동시에 신배설에 의해 혈관 내 조영제의 농도가 급격히 감소하는 시기이다. 평형기(equilibrium period)는 혈관 내 공간(intravascular space)과 혈관 외 공간사이에서 조영제의 농도 차에 의해 상호 확산되면서 주로는 신배설에 의해 점진적인 감소를 보이는 시기이다(Heiken 등, 1993).

또한 약 1% 이하의 양은 조영제가 혈장 내 단백질과 결합하여 간세포에 포획 후 담즙을 통해 배설된다(김양숙, 1984). 간은 간동맥과 간문맥의 두 혈관에 의해 혈액공급을 받기 때문에 다양하고 복잡한 형태의 조영증강 방식을 나타내게 된다(이경숙, 2001)(Small 등, 1994). 한편 Burgener 등(1981)은 급속 조영 후 혈관과 간실질의 조영정도를 3단계로 설명하였다. 급속조영기(bolus phase)는 동맥과 간실질의 조영이 급격히 증가되어 대동맥과 하대정맥사이 30 HU 이상의 조영차이를 보일 때이며, 혈관 내에서 간질로 조영제의 재분포로 인해 간실질의 조영은 증가되나 동맥 조영이 급격히 감소되어 대동맥과 하대정맥사이 10~30 HU의 조영차이를 보일 때 비평형기(nonequilibrium phase), 그리고 조영제의 신장배설로 인해 점차적인 혈관과 간실질의 조영이 감소되며 대동맥과 하대정맥의 조영차이가 10 HU 이하의 차이 때 평형기로 나누었다.

그러므로 조영증강의 가장 중요한 목적은 적절한 용량의 조영제를 주입하여 정상적인 간실질과 병변부위사이의 혈류량과 조영제의 확산속도의 차이를 증가시켜 병변을 보다 쉽게 인지하는 것이다.

조영제의 주입량과 주입속도와 조영증강효과는 이기열 등(1996)은 정상 간기능 환자에서 주입속도를 2 ml, 3 ml, 4 ml로 달리하고 주입총량을 120 ml, 130 ml, 140 ml로 하였을 때 조영 전 간실질의 50±14 HU에서 조영 후 동맥기에 2 ml, 120 ml의 경우 59±5 HU, 3 ml, 130 ml의 경우 62±4 HU, 4 ml, 140 ml의 경우 67±6 HU로 증가하였고, 문맥기에서는 각각 95±8, 103±8, 122±12로 증가했고, 김아영(1999)은 체중이 15 kg의 건강한 개 10마리를 대상으로 하여 역동적 CT를 실시한 결과 다른 변수를 일정하게 고정하고 주입량을 1 ml/kg, 2 ml/kg, 3 ml/kg로 증가시켰을 때 대동맥, 간문맥, 간실질에서 조

영증강효과가 증가하였으며, 또한 주입량을 2 ml/kg로 고정하고, 주입속도를 0.5 ml/sec에서 2.0 ml/sec로 증가시켰을 때 대동맥과 간문맥의 HU는 179.8과 136.3에서 364.7과 197.5로 급격한 증가를 했고, 간실질은 110.2에서 128.0으로 약간 증가하였다.

본 연구에서 주입량이 150 ml일 때 2.5 ml/sec 그룹에 비해 3.5 ml/sec에서 대동맥, 간문맥, 간실질이 유의하게 높았으나($p < 0.05$), 반면 주입량이 130 ml일 때 주입속도의 증가와 조영증강효과 차이에는 유의한 차를 보이지 않았다. 한편 주입속도에 따른 간실질의 조영증강효과는 130 ml, 150 ml일 때 문맥강조기 유의한 차이가 있었지만($p < 0.05$), 지연기에서는 유의한 차이를 보이지 않았고, 100 ml일 때($p = 0.038$) 유의한 차이를 보였지만, 그 영향은 미약하였다. 위와 같은 결과는 기존의 연구결과와 일치하였고, 주입속도는 동맥강조기의 대동맥과 문맥강조기의 간실질의 조영증강에 주요한 변수가 되며, 지연기의 간실질에는 그 영향이 미약하였다.

조영제 주입방법과 조영증강효과는 전만진 등(1996)에 따르면 주입방법은 고식적인 CT에서 주로 사용되던 점적주입방법은 조영증강정도가 매우 약해 병변 발견율이 낮고, Foley 등(1989)은 조영제 자동주입기를 이용하여 초기에 일정량의 조영제를 주입 후 재차 주입속도를 낮추어 조영제를 주입하는 이상식 주입방법으로 주입기와 비평형기를 증가시키는 방법을 주장했지만 최근 사용되는 나선식 또는 다중나선식 장비 등에는 적용이 어려운 문제점이 있다. 최근의 장비는 영상획득의 속도가 획기적으로 감소되어 나선형 CT의 경우 1영상을 획득하는데 1 sec 이하, 다중나선형 CT는 장비에 따라 다소 차이가 있지만, 1 sec당 4~32 영상을 얻을 수 있어 급속조영방법을 이용한 단일주입방법을 국내 대부분의 병원에서 이용하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 조영제를 주입한 후 생리식염수 30 ml를 조영제와 동일한 압력으로 주입하여, 조영제 단일주입방법과 비교하여 그 결과를 토대로 조영제의 양을 감소시켜 검사를 할 수 있는 방법을 찾고자 하였다. 그 결과 동맥기에서 2.5 ml/sec의 주입속도와 주입량 130 ml, 100+30 ml군과 3.5 ml/sec, 150과 120+30 ml군에서 대동맥과 간문맥은 유의한 차이가 없었고($p > 0.05$), 문맥기와 지연기에서는 단일주입방법에 유의하게 낮게 나타났다($p < 0.05$).

그러므로 조영제 주입 후 생리식염수 주입방법은 간의 삼중시기 검사에는 부적당할 것으로 사료되며, 동맥기에는 유의한 차이가 없어 동맥기가 중요시되는 간동

맥 CT 혈관촬영술, 복부대동맥 CT 혈관촬영술 등의 검사에 적용이 가능할 것으로 생각된다. 그러나 조영제의 양을 감소시켜 검사를 시행함으로써 조영제의 경비절감 효과와 조영제 사용의 총량을 감소시키므로써 그에 따른 부작용도 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다. 한편 생리식염수의 주입에 따른 역동적인 CT를 통해 간 내 조영제의 분포의 변화를 관찰하는 것과 생리식염수의 양의 증감에 따른 간실질의 조영효과의 변화와 생리식염수 주입에 따른 판독자들의 시각적 판단 등도 연구되어야 할 부분이다.

경정맥도관의 위치와 조영증강효과는 김윤식 등(2002)에 따르면 상완부와 주관절부에 각각 경정맥도관을 위치시키고 하행대동맥과 복부대동맥에 HU값 120과 200에 도달하는 평균시간을 측정한 결과 주관절부가 상완부에 비해 약 3초 정도의 지연시간이 발생하였다. 또한 120 HU까지 도달한때의 주입량은 상완부가 42 ml, 주관절부가 58 ml로 보고했다. 본 연구에서도 경정맥도관의 위치가 상완부가 동맥기에서 주관절부에 비해 대동맥이 유의하게 높은 HU값으로 측정($p = 0.001$)되어 위의 연구결과와 일치하였고, 지연기에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 따라서 주관절부에 경정맥도관을 위치시킬 때는 동맥강조기 영상이 늦게 이루어져서 검사 시작시간을 지연시켜 검사하는 것이 유리하고, 간의 이중시기(2 phase)검사에 적용할 수 있을 것이다.

경정맥 도관의 크기와 조영증강효과와의 관계는 하동윤 등(2001)은 자동주입기를 이용한 조영제 사용 CT검사시 경정맥도관의 크기와 단위시간당 최대 조영제 주입량의 상관관계를 분석한 결과 반비례관계가 있음을 보고하였는데, 본 연구에서도 동맥기에서 18 G와 20 G 사용시 각각 대동맥의 HU값이 172.5 ± 12.8 , 157.0 ± 9.5 로 측정되어 위의 연구결과와 일치하였고, 문맥기에서도 대동맥의 조영증강에 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 그러므로 경정맥도관의 내경은 조영제의 주입량과 주입속도에 영향을 주어 동맥기의 지연을 초래하였으나, 문맥기와 지연기에서는 유의한 차이가 없어, 간의 이중시기 검사에 적용이 가능할 것이다. 따라서 간의 삼중시기 검사 시 경정맥도관의 내경은 혈관 및 간실질의 조영증강효과의 주요한 인자임을 알 수 있었다.

동맥기에서의 대동맥과 간실질과의 조영효과의 차는 윤대영 등(1994)은 다량의 조영제를 빠른 속도로 주입함으로써 주위 간실질이 조영증강 되기 전에 고농도의 조영제를 종양에 혈액을 공급하는 간동맥을 통하여 간

세포암에 보낼 수 있고, 주위 간 실질과의 현저한 대조도를 얻을 수 있다고 했고, 윤완구 등(1996)에 따르면 나선식 CT를 이용하여 간세포암의 발견 및 진단에 있어 고혈관성 간세포암을 동맥기에서 고음영으로 묘출시켜 진단을 쉽게하기 위해 150 ml의 조영제를 5 ml/sec로 투여하는 방법이 유용하였다고 했다. 따라서 본 연구에서의 동맥기에서 검사그룹별 대동맥과 간실질과의 조영효과의 차이를 분석함으로써 간동맥의 간접적인 조영효과를 예측하고, 이를 통해 간세포암 진단에 유리한 검사방법을 찾을 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구결과 3.5 ml/sec, 150 ml군에서 가장 높게 나타났다. 한편 주입방법은 단일주입법과 이중주입법이 유사하였으며, 18 G의 경정맥도관과 상완부에 경정맥도관을 위치시키는 것이 유리할 것으로 사료된다.

문맥기에서의 검사그룹별 간실질의 최대조영효과는 Matsui 등(1987)은 간전이 가 동맥에 의해 혈액공급을 받는 저혈관성 병변이므로 문맥기 CT가 간전이 발견에 유용하다고 보고하였고, 한편 Heiken 등(1989)은 재래식 CT를 이용할 경우 조영제의 농도가 체내조직평형이 도달하는 시점에서 영상을 얻게 되어 간전이암의 변연부가 조영증강 되어 간실질과 뚜렷하게 구분되지 않거나 병변의 크기가 감소하여 보일 수 있다고 하였다. 따라서 정용기 등(1995)은 간실질과 병변사이의 대조도가 가장 큰 문맥기 영상을 얻을 수 있다면 간전이 발견율을 높일 수 있다고 보고했다. 이에 본 연구에서는 문맥기의 간실질의 최대조영효과를 분석한 결과 2.5 ml/sec, 150 ml, 3.5 ml/sec, 150 ml그룹에서 간실질의 HU값이 높게 측정되어 간전이암 진단에 유리 할 것으로 생각된다. 한편 2.5 ml/sec, 150 ml그룹에서는 간실질의 조영효과는 우수하였지만 대동맥이 간문맥보다 HU값이 높게 측정되어, 문맥강조기가 다른 그룹에 비하여 늦게 형성되는 것을 예상할 수 있었으며, 정확한 문맥기 영상을 얻기 위해서는 문맥기 촬영시간을 70 sec 이상으로 변화시켜야 할 것이다. 그러나 3.5 ml/sec, 150 ml 그룹에서는 간문맥이 대동맥에 비해 높게 측정되어 정상적인 문맥기 영상을 얻을 수 있었다. 경정맥 도관별로는 18 G가 도관위치는 상완부가 문맥기에서 간실질의 HU값이 높았다. 주입방법별로는 단일주입법이 조영제 주입후 생리식염수 주입법에 비하여 간실질의 조영증강효과가 높았다. 이는 조영제의 양이 문맥강조기의 간실질 조영에 주요한 요인임을 알수 있었다. 최창호 등(1994)에 따르면 조영전 간실질보다 최대 조

영증강된 간실질이 50 HU 이상 조영증강이 이루어지지 않으면 저음영병변(hypoattenuating lesion)의 진단에 부적당하다고 하였으나, 본 연구결과는 전반적으로 간실질의 HU값이 50 이상으로 조사되어 모두 저음영병변의 진단에 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

한편 본 연구는 조영증강에 영향을 미칠 수 있는 여러 인자들 중 개체별 전신적인 요인들을 고려하지 않았다는 제한점을 가지고 있다. 조영증강의 정도는 성별, 연령, 체중, 신장, 심혈관계, 신기능, 기타 질병의 유무와 생리적인 상황에 따라 영향을 받는다. 또한 정상 간기능자 판단기준을 과거병력이나 판독결과만을 통해 정상 간기능자로 판별하여, 알려지지 않은 간질환 환자가 포함될 가능성이 있다.

내적인자들의 영향을 줄이고자 CT장비제조회사에서 제공하는 Smart prep(GE사), Bolus tracking(siemens사) 등의 Bolus triggering 기법들이 도입되고는 있으나 개체별 전신적인 요인들을 충분히 고려할 수 없으므로 향후 Computer Simulation Program의 개발이 활발해질 전망이다.

결론적으로 혈관과 간의 조영증강에는 조영제의 주입량, 주입속도, 주입방법, 경정맥도관의 위치, 경정맥도관의 내경 등이 모두 영향을 주었다. 그러나 주입량과 주입속도 등 모든 인자들을 증가시킨다면 조영제 사용에 따른 경제적인 비용의 증가와 조영제 부작용의 위험성 증대 및 환자의 고통의 초래 등의 단점이 있으므로 최적의 조건을 얻기 위한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V 요 약

나선식 CT에서 경정맥 조영제 주입시 주입량, 주입속도, 주입방법 및 경정맥도관의 위치, 경정맥도관의 내경이 동맥기, 문맥기, 지연기에서의 대동맥, 간문맥, 간실질의 조영증강효과에 미치는 영향을 알고자 간 삼중시기검사를 위해 내원한 환자 360명을 대상으로 각각의 변화된 주입방법으로 검사를 시행하고 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 조영제의 주입량의 증가는 문맥기와 지연기의 대동맥, 간문맥, 간실질의 조영증강이 유의하게 증가하였고($p < 0.05$), 동맥기에는 유의한 차이가 없었다.

2. 조영제의 주입속도의 증가는 동맥기의 대동맥과 문맥기, 지연기의 간문맥, 간실질의 조영증강이 유의하게 증가하였고($p < 0.05$), 문맥기, 지연기의 대동맥 조영증강에는 유의한 차이가 없었다.

3. 조영제의 주입방법은 단일주입법에 비해 조영제주입후 생리식염수 주입법에서 2.5 ml/sec의 130 ml, 100+30 ml와 3.5 ml/sec의 150 ml, 120+30 ml군에서 동맥기의 대동맥과 간문맥의 조영증강이 유의한 차이를 보이지 않았다. ($p=0.854$, $p=0.259$). 한편 문맥기와 지연기에서는 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$).

4. 경정맥도관의 위치를 상완부, 주관절부로 변화시켰을 때 동맥기의 대동맥, 간문맥, 간실질과 문맥기의 대동맥에서 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$). 문맥기, 지연기에서는 조영증강의 차이가 적었다.

5. 경정맥도관의 내경을 18 G와 20 G로 변화시켰을 때 동맥기의 대동맥과 간문맥의 HU값에서 유의한 차를 나타냈고($p < 0.05$), 또한 문맥기의 경우도 대동맥, 간문맥, 간실질에서 20 G그룹에서 전반적인 HU값의 감소를 보였으나 통계적인 유의한 차이를 나타내지 않았다.

6. 동맥기에서 대동맥과 간실질간의 조영증강의 차가 가장 큰 검사그룹은 3.5 ml/sec, 150 ml, 도관위치는 상완부, 도관 내경은 18 G를 이용한 그룹에서 평균 247.1 HU로 가장 높았고, 문맥기에서 간실질은 2.5 ml/sec, 150 ml, 도관위치는 상완부, 도관 내경은 18G를 이용한 그룹에서 평균 79.0 HU로 가장 높았다.

그러므로 위와 같은 연구결과는 조영제를 이용한 임상검사에 있어서 조영제 주입방법의 적정화에 도움이 될 수 있는 기초자료를 제공하리라 생각된다.

참고문헌

1. 고인호, 김경근, 김동윤, 김명구, 김문찬, 김영근. Text-book of computed tomography. 서울:청구문화사;2003: 237~263
2. 김아영. 경정맥조영제 주입시 혈관과 간의 조영증강에 영향을 미치는 인자에 관한 실험적 연구. 이화여자대학교 대학원. 박사학위논문, 1999
3. 김양숙. 조영제의 혈관주사시 심맥관계에 미치는 영향에 관한 연구. 연세대학교 대학원. 박사학위논문, 1984
4. 김영근, 박영순, 김정삼, 박병래, 박희곤, 이규은. CT 영상학. 서울 : 청구문화사; 1997:11~14
5. 김윤식, 윤인규, 이경숙, 김기원, 이창엽. Bolus triggering

- 기법을 이용한 Delay time의 적정화. 대한전산화단층기술학회지 2002;4:13-17
6. 윤대영, 최병인, 한준구, 한만창. 나선식 CT를 이용한 이중시기 역동스캔에서의 간세포암의 조영영상. 대한방사선의학회지 1994;31:1101-1106
7. 윤완규, 조준식, 정연신, 최창락, 안영준, 김영월. 간세포암의 나선식 전산화 단층촬영 : 조영제의 역동적 급속 투여법의 유용성. 대한방사선의학회지 1996;35:93-99
8. 이경숙. 간질환의 조영특성. 대한전산화단층기술학회지 2001;2:42-45
9. 이기열, 차인호, 박철민, 정규병. 나선식 CT를 이용한 간의 삼중시기 촬영 : 간실질의 조영정도. 대한방사선의학회지 1996;35:531-536
10. 전만진, 박성욱, 이재완. 전산화단층촬영학. 서울:대학서림; 1996:174-178
11. 정용기, 한준구, 최병인. 전이성 간암의 검출에서 나선식 CT: 동맥기, 문맥기, 지연기의 상대적가치. 대한방사선의학회지 1995;33:265-271
12. 최창호, 문기호, 황인태, 김윤규, 남상화, 김건일 등. Spiral CT를 이용한 Dynamic liver scan. 대한방사선의학회지 1994;30:499-503
13. 하동윤, 박장흠, 박천규, 이용문. 조영제의 정도와 최대조영제 주입량의 상관관계. 대한전산화단층기술학회지 2001; 3:95-97
14. Burgener FA, Hamlin DJ. Contrast enhancement in abdominal CT; bolus infusion. *AJR*. 1981;137:351-358
15. Foley WD, Hoffmann RG, Quiroz FA, Kahn CE, Perret RS. Hepatic helical CT: contrast material injection protocol. *Radiology*, 1994;192:367-371
16. Foley WD. Dynamic hepatic CT. *Radiology*. 1989;170: 617-622
17. Heiken JP, Brink JA, Vannier MW. Spiral(helical) CT. *Radiology*, 1993;189:647-656
18. Heiken JP, Weyman PW, Lee JKT, et. al. Detection of focal hepatic masses: prospective evaluation with CT, delay CT, CT during arterial portography and MR image. *Radiology*. 1989;171:47-51
19. Miles KA, Hayball MP, Dixon KD. Functional images of hepatic perfusion obtained with dynamic CT. *Radiology*, 1993;188:405-411
20. Small WC, Nelson RC, Bernardino ME, Brummer LT. Contrast enhanced spiral CT of liver: effect of different amounts an injection rate of contrast material on early contrast enhancement. *AJR*. 1994;163:87-92
21. Matsui O, Takashima T, kadoya M, et. al. Liver metastases from colorectal cancers: detection with CT during arterial portography. *Radiology*. 1987;165:65-69

22. Walkey MM. Dynamic hepatic CT : how many years will it take`til we learn? *Radiology*, 1991;181:17-24
23. Heiken JP, Weyman PW, Lee JKT, et. al. Detection of focal hepatic masses: prospective evaluation with CT, delay CT, CT during arterial portography and MR image. *Radiology*. 1989;171:47-51
24. Miles KA, Hayball MP, Dixon KD. Functional images of hepatic perfusion obtained with dynamic CT. *Radiology*. 1993;188:405-411
25. Small WC, Nelson RC, Bernardino ME, Brummer LT. Contrast enhanced spiral CT of liver: effect of different amounts and injection rate of contrast material on early contrast enhancement. *AJR*. 1994;163:87-92
26. Matsui O, Takashima T, kadoya M, et. al. Liver metastases from colorectal cancers: detection with CT during arterial portography. *Radiology*. 1987;165:65-69
27. Walkey MM. Dynamic hepatic CT : how many years will it take`til we learn? *Radiology*, 1991;181:17-24