

이중시기 다중검출기  
전산화단층촬영에서 채장의 감쇠치  
변이: 조영제추적기법과  
고정시간기법의 비교

연세대학교 대학원  
의학과  
유 은 혜

이중시기 다중검출기  
전산화단층촬영에서 채장의 감쇠치  
변이: 조영제추적기법과  
고정시간기법의 비교

지도 김 명 진 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2006년 12월

연세대학교 대학원

의학과

유 은 혜

## 감사의 글

이 논문을 쓰는 동안 많은 가르침을 주시고 이끌어 주신 김명진 교수님께 진심으로 감사 드립니다. 또한 논문을 완성하기까지 조언과 지원을 해주신 이우정 교수님과 박승우 교수님께 감사 드립니다. 저에게 배움의 기회를 주시고 관심과 가르침을 주신 김기황 주임 교수님과 세브란스 영상의학과 교수님들, 그리고 도움을 준 영상의학과 의국원들에게 감사의 말씀을 전합니다. 마지막으로 항상 저를 믿어 주시고 뒷받침해 주신 부모님과 동생들에게 고마운 마음을 전합니다.

유은혜의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 김 명 진 인

심사위원 이 우 정 인

심사위원 박 승 우 인

# 차 례

그림 및 표 차례

국문요약

I. 서론	1
II. 대상과 방법	4
1. 대상	4
2. 영상 획득 방법	6
3. 분석	7
III. 결과	9
IV. 고찰	16
V. 결론	23
참고문헌	24
영문요약	29

## 그림 차례

그림 1. 나이와 100H시간의 산점도	-----14
그림 2. 체중과 100H시간의 산점도	-----15
그림 3. 시기별, 그룹별 췌장 CT 감쇠치 비교	-----18

## 표 차례

표1. 그룹별 특성	8
표2. 그룹별 100H시간과 시기별 스캔창	13
표3. 췌장 부위에 따른 CT 감쇠치 비교	17
표4. 시기별, 그룹별 췌장 CT 감쇠치 비교	17
표5. 그룹별 췌장 실질 CT 감쇠치	17

## 이중시기 다중검출기 전산화단층촬영에서 췌장의 감쇠치 변이: 조영제추적기법과 고정시간기법의 비교

췌장암의 발견 및 치료 전 평가에 있어 다중시기 (multi-phase) 단층촬영(computed tomography, CT)은 가장 유용하게 쓰이는 검사이며 다중 검출기 CT(multidetector-row spiral computed tomography, MDCT)의 발전으로 미세 단면의 고해상도 영상을 얻을 수 있게 되어 CT의 역할이 더 커졌다. 다중시기 췌장 CT에서 특히 췌장실질기(pancreatic phase)는 고혈관성 췌장과 저혈관성 병변의 대조를 극명하게 하여 병변의 발견이 용이할 뿐 아니라 종양의 혈관 침범 여부 평가에 필수이기 때문에 최적의 췌장실질기 영상을 얻어야 한다. 16 채널 혹은 64 채널 MDCT는 영상 획득 시간이 수초로 단축되기 때문에 췌장처럼 작지만 빠르고 강하게 조영되는 장기를 촬영할 때 정확한

스캔창(scan time window)을 알아야 한다. 스캔창을 정하는 방법으로 흔히 쓰이는 조영제추적기법(bolus-tracking technique)과 고정시간기법(fixed scan delay protocol) 중에 조영제추적기법이 췌장 다중시기 CT에서 췌장실질 조영을 더욱 최적화 할 수 있을지 알아보는 것이 필요하겠다. 이 연구에서는 췌장의 췌장실질기 CT를 얻음에 있어서 조영제추적기법의 유용성을 알아보고 고정시간기법과 비교하고자 하였다.

16 채널 MDCT 기기로 이중 시기 복부 CT를 시행한 526명 환자를 대상으로 하였고 이들은 무작위로 네 그룹으로 나뉘어 조영제 추적 기법(그룹 1과 2) 또는 고정 시간 기법(그룹 3와 4)으로 요오드 300mg/ml(그룹 1과 3) 또는 370mg/ml(그룹 2와 4)의 비이온성 조영제 2ml/Kg을 3ml/sec로 주입하였다. 조영제 추적 기법은 대동맥이 100 HU(Hounsfield Unit) 이상 조영된 후 20초 뒤에, 고정 시간 기법은 조영제 주입 38초 후에 췌장실질기 촬영을 시작하였고 문맥기는 췌장실질기 촬영 끝난 후 24초 뒤에 시행하였다. 정상 췌장의 두부, 체부, 미부에서 CT 감쇠치를 측정하여 그룹 간 차이를 분석하였다.

연구 결과, 그룹 1과 2에서 췌장실질기 스캔창은  $38 \pm 3.8$ 초,  $37.4 \pm 3.4$ 초로 고정 시간 기법에서 고정한 스캔창과 비슷하였다. 췌장실질기에서 췌장 감쇠치는 그룹 1이 그룹 3보다 약간 높았지만 통계학적 유의성은 없었고 그룹 2는 그룹 4에서보다 높았다( $115.5\text{HU}$  vs  $111.7\text{HU}$ ;  $p=0.093$ ,  $128.3\text{HU}$  vs  $119\text{HU}$ ;  $p=0.003$ ). 문맥기에서 그룹 1과 2의 CT 감쇠치는 그룹 3과 4에 비해 유의한 차이 없었다( $104.4\text{HU}$  vs  $104.8\text{HU}$ ;  $p=1$ ,  $112.1\text{HU}$  vs  $112.1\text{HU}$ ;  $p=1$ ). 조영제 농도에 따른 그룹 간 감쇠치 차이를 분석했을 때, 두 시기 모두에서 고농도 조영제를 쓴 그룹에서 그룹보다 감쇠치가 유의하게 높았다(모두  $p<0.05$ ). 결론적으로 최적의 췌장실질기 CT를 얻음에 있어 조영제추적기법을 사용하는 것이 고정시간자연기법보다 췌장 조영 증강에 큰 차이 없으나 저농도 조영제보다 고농도 조영제를 사용할 때 더 유용하다.

---

핵심되는말: 췌장, 췌장실질기, 다중검출기전산화단층촬영, 조영제추적기법

# 이중시기 다중검출기 전산화단층촬영에서 췌장의 감쇠치 변이: 조영제추적기법과 고정시간기법의 비교

<지도 김 명 진 교수>

유 은 혜

연세대학교 대학원 의학과

## I. 서 론

췌장암 등의 췌장 병변을 평가하는데 있어 다중시기(multi-phase) 단층촬영(computed tomography, CT)은 가장 유용하게 쓰이는 검증된 검사이다<sup>1-6</sup>. 최근 다중 검출기 CT(multidetector-row spiral computed tomography, MDCT)와 영상 재구성 기술의 발전으로 미세 단면의

고해상도 영상을 얻을 수 있게 되어 초기 췌장 병변의 발견 및 치료 전 병기판정에 CT의 역할이 더 커졌다. 다중시기 췌장 CT에서 췌장실질기(pancreatic phase)는 고혈관성 췌장과 저혈관성 병변의 대조를 극명하게 하여 병변의 발견이 용이할 뿐 아니라 장간막 혈관이 강하게 조영되어 종양의 혈관 침범 여부 평가에 유용하기 때문에 최적의 췌장실질기 영상을 얻는 것이 중요해졌다<sup>3, 6</sup>.

MDCT의 발전으로 영상 획득 시간이 매우 짧아졌는데 16 채널 MDCT로 복부 전체를 스캔 할 경우 영상 획득 시간이 약 14-20초 정도로 단축되기 때문에 췌장처럼 작지만 빠르고 강하게 조영되는 장기를 촬영할 때 정확한 스캔창(scan time-delay, scan time window)을 알아야 한다. 이전의 연구에 의하면 췌장실질기는 약 35-50초, 문맥기는 약 50-70초의 스캔창이 적당하다고 하였다<sup>3, 6-8</sup>. 그러나 이것은 1 채널 나선식 CT 혹은 4 채널 MDCT 스캐너에서 쓰인 것으로 16 채널 MDCT에서는 더 정확하고 좁은 범위의 스캔창이 필요하다. 스캔창을 정하는 방법으로 흔히 조영제추적기법(bolus-tracking technique)과 고정시간기법(fixed

scan delay protocol)이 쓰이고 있다. 전자는 조영제 주입과 동시에 대동맥의 시간-감쇠치 곡선(time-density curve)를 추적하여 적당한 촬영 시점을 정하는 것으로, 촬영할 때마다 매번 스캔창을 정하기 때문에 최적의 영상을 얻는데 있어 후자보다 더 타당하다. 이전 연구에 의하면 간 다중시기 CT에서 동맥기 영상을 얻는데 있어 조영제추적기법이 더 유용하다고 하였으나 반대의 결과를 보인 연구도 있었다<sup>9-11</sup>. 또한 췌장 다중시기 CT에서 두 기법에 대한 연구는 아직 발표된 바 없는 것으로 알고 있다. 따라서 조영제추적기법이 췌장실질 조영을 더욱 최적화 할 수 있을지 알아보는 것이 필요하겠다.

이 연구에서는 췌장의 췌장실질기 CT를 얻음에 있어서 조영제추적기법의 유용성을 알아보고 고정시간기법과 비교하고자 하였다.

## II. 대상과 방법

### 1. 대상

2005년 2월부터 3월까지 복부 CT 촬영하는 환자를 무작위로 4 그룹으로 나누어 진행하였다. 이들 중 췌장의 병변, 위축, 심한 지방 변성, 췌장수술 과거력 등이 있거나 중증 간병변 및 간암, 심한 담도계 질환, 암종중(carcinomatosis) 등의 복부 혈류에 영향을 끼칠 수 있는 조건이 있는 경우 임의로 제외하였고 총 526명을 분석하였다. 이들 526명은 남자 336명, 여자 190명이며 평균 나이는  $55.3 \pm 12.9$ 세(평균±표준편차, 16-90세), 체중은  $62.3 \pm 9.9$ Kg(37-97Kg) 이었다(표1). 이들은 중앙 평가 및 추적(417명), 간질환(23명), 염증 등의 각종 복부 질환(79명), 기타(7명)의 이유로 복부 CT를 시행하였다.

표1. 그룹별 특성

CT 프로토콜	수(명)	성별(남:여)*	나이(세) †	체중(kg) ‡	조영제양(ml) §
그룹 1 조영제 추적, 300mg/cc I	226	143:83	55.4±13.7 (19-90)	62.2±9.6 (40-97)	128.8±10.8 (120-150)
그룹 2 조영제 추적, 370mg/cc I	84	52:32:00	55.1±12.0 (17-78)	62.2±10.2 (40-92)	129.4±11.3 (120-150)
그룹 3 고정 시간, 300mg/cc I	161	100:61	54.7±12.8 (17-79)	62.2±10.2 (37-97)	129.7±11.7 (120-150)
그룹 4 고정 시간, 370mg/cc I	55	41:14:00	56.9±12.2 (16-82)	63.1±9.8 (45-86)	129.7±11.7 (120-150)
합	526	336:190	55.3±12.9 (16-90)	62.3±9.9 (37-97)	129.2±11.2 (120-150)

\* p=0.376

† p=0.758

‡ p=0.94

§ p= 0.863

## 2. 영상 획득 방법

16 채널 MDCT 스캐너(Somatom Sensation 16; Siemens, Erlangen, Germany)를 이용하였으며 120kV, 300mAs로 머리에서 다리 방향으로 촬영하였고 회전속도는 초당 0.5회, 테이블 속도는 회전 당 18mm, 튜브 조준(collimation)은 1.5mm로 하였으며 두께 3mm, 증강(increment) 3mm로 영상 재구성하였다.

모든 환자는 무작위로 네 그룹으로 나누었으며 그룹 1과 그룹 3은 요오드 300mg/ml(Omnipaque 300; Nycomed Amersham, Oslo, Norway)인 비이온성 조영제를 사용하였고 그룹 2와 그룹 4는 요오드 370mg/ml(iopamiro; Bracco, Milano, Italy)인 비이온성 조영제를 사용하였다. 이 때 동력주사기(EnVision CT; Medrad, Pittsburgh, Pa, USA)로 조영제를 주입하되 속도를 3ml/sec로 고정하였다. 조영제 총량은 체중에 따라 2ml/Kg을 주입하되 체중이 60Kg 미만인 환자는 120ml, 75Kg 이상인 환자는 150ml로 고정하였다.

스캔창을 결정하는 두 가지 방법 중 그룹 1과 그룹 2는 조영제추적

기법으로, 그룹 3과 그룹 4는 고정시간기법으로 촬영하였다. 여기서 조영제 추적 기법은 미리 복강 동맥 부위의 대동맥에 관심부위를 정한 후 조영제를 주입하면서 실시간으로 대동맥의 조영증강 정도를 감시하여 100 HU(Hounsfield Unit)으로 조영된 후 20초 뒤에 췌장실질기 촬영을 시작하였다(이후로 조영제추적기법에서 대동맥이 100HU이상 조영 증강된 시간을 100HU시간이라 하겠다). 고정시간기법은 모든 환자에서 조영제 주입 후 38초 뒤에 췌장실질기 촬영을 시작하도록 미리 정하였고 두 기법 모두에서 문맥기 영상은 췌장실질기 24초 후에 얻었다.

### 3. 분석

얻은 이중시기 췌장 CT 영상에서 췌장의 세 부위 즉, 두부, 체부, 미부에서 관심 영역(region of interest, ROI)을 그려 CT 감쇠치(attenuation value)를 측정하였으며 이 때 췌장실질기와 문맥기 영상에서 관심 영역이 서로 일치하도록 하였다.

웹 브라우저 [www.rad.jhmi.edu/jeng/javarad/samplesize/](http://www.rad.jhmi.edu/jeng/javarad/samplesize/) 에서 적정

표본 크기 (appropriate sample size)를 산출하였다. 이전 연구를 토대로  
취장 CT 감쇠치의 최소 예상 차이(minimum expected difference)를  
10으로, 예상 표준편차 (estimated standard deviation)를 20으로  
정하였고  $p$ 값이 0.05 미만이고, 통계적 검증력(statistical power)이  
0.80일 때 산출된 적정 표본 크기는 약 125명이었다. 우선 네 그룹에서  
성별, 나이, 체중, 조영제 양의 차이를 Kruskal-Wallis test, one way  
ANOVA로 확인하였다. Pearson's correlation coefficients를 이용해  
조영제추적기법에서 100H 시간과 나이, 체중의 관계를 분석하였다. 취장의  
세 부위에서 구한 CT 감쇠치의 시기 간 차이를 알아보기 위해 paired  $t$ -  
test를 이용하여 각각을 비교하였다. 취장 부위에 따른 감쇠치 차이를  
알아보기 위해 ANOVA로 취장 두부, 체부, 미부의 CT 감쇠치를  
분석하였다. 또한 그룹 간의 조영 증강 차이를 보기 위하여 ANOVA를  
이용해 취장 세 부위의 감쇠치 평균의 그룹 간 차이를 분석하였다. 이 때  
 $p$ 값이 0.05보다 작을 경우 통계학적 유의성이 있다고 정하였다.

### Ⅲ. 결 과

네 그룹은 각각 226명, 84명, 161명, 55명이었고 그룹 간에 환자의 나이, 체중, 조영제양은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(표1). 조영제추적 기법을 쓴 그룹 1과 그룹 2에서 평균 100H시간은 각각  $18.1 \pm 3.8$ 초,  $17.4 \pm 3.4$ 초였고 췌장실질기 스캔창은 각각  $38.0 \pm 3.8$ 초,  $37.4 \pm 3.4$ 초였으며 문맥기 스캔창은 각각  $74.0 \pm 5.3$ 초,  $74.4 \pm 3.5$ 초였다. 고정시간 기법을 사용한 그룹 3과 그룹 4에서 췌장실질기 스캔창은 미리 38초로 고정시켰고 문맥기 스캔창은 각각  $74.3 \pm 3.5$ 초,  $74.6 \pm 3.4$ 초였다. 두 기법 간에 췌장실질기와 문맥기 스캔창에 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ( $p=0.178$ ,  $p=0.707$ ) (표2). 조영제추적기법을 사용한 경우에서 100HU 시간은 환자의 나이 및 체중과 약한 긍정의 상관 관계를 보였다( $r=0.18$ ,  $p=0.001$ ;  $r=0.21$ ,  $p<0.001$ ) (그림1과 2).

표2. 그룹별 100HU시간과 시기별 스캔창

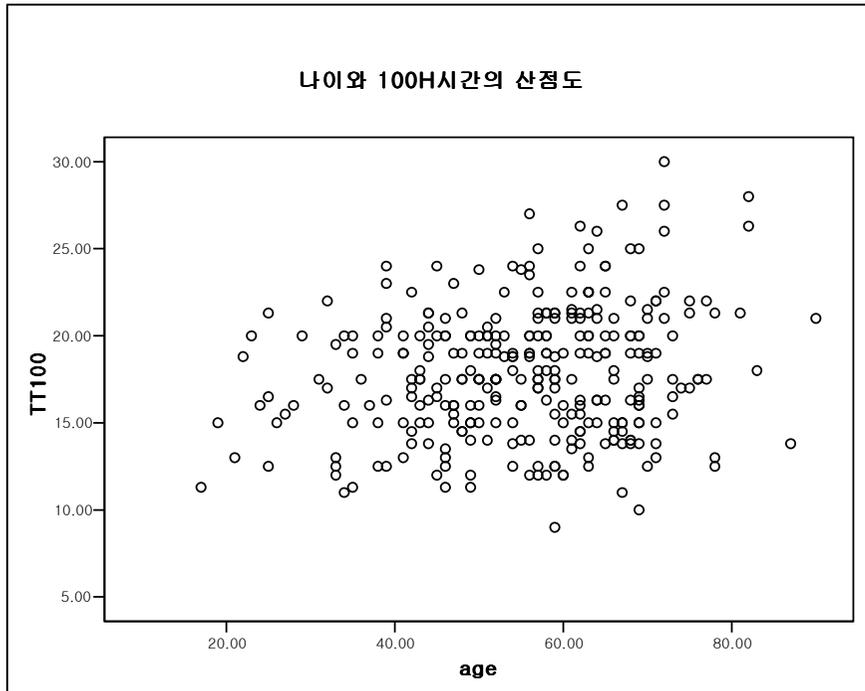
	100HU 시간*	채장실질기	문맥기†
그룹 1	18.0±3.8 (10-30)	38.0±3.8 (30-50)	74±5.3 (53-85)
그룹 2	17.4±3.4 (9-27)	37.4±3.4 (29-47)	74.4±3.5 (66-85)
그룹 3	18	38	74.3±3.5 (57-81)
그룹 4	18	38	74.6±3.4 (58-77)

단위: 초

\* p=0.178

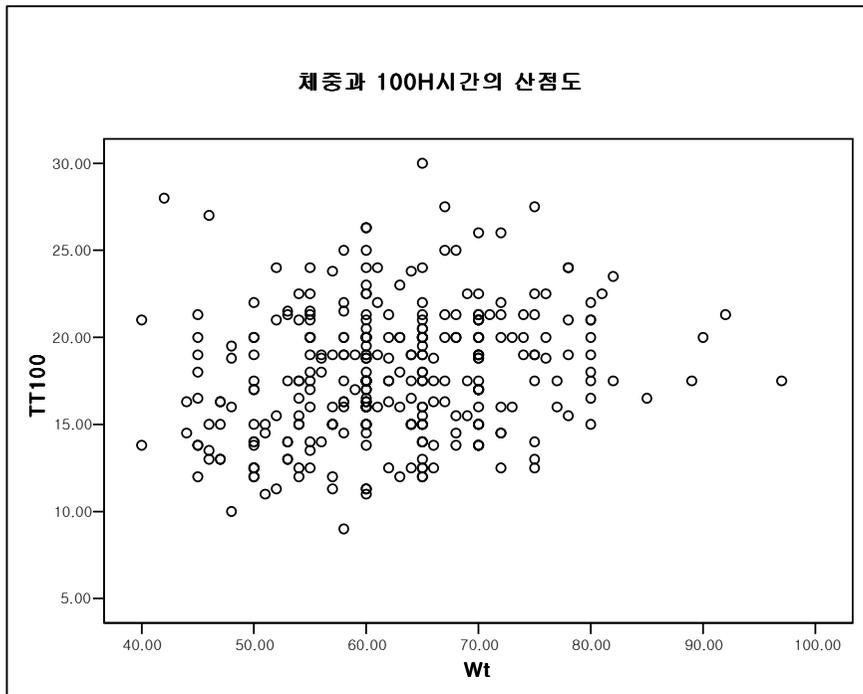
† p=0.707

그림1. 나이와 100HU시간의 산점도



조영제추적기법을 쓴 그룹에서 100HU시간은 나이와 약한 긍정의 상관관계를 보였다( $r=0.18$ ,  $p=0.001$ ).

그림2. 체중과 100HU시간의 산점도



조영제추적기법을 쓴 그룹에서 100HU시간은 체중과 약한 긍정의 상관관계를 보였다( $r=0.21$ ,  $p<0.001$ ).

두 시기에서 췌장의 두부, 체부, 미부의 CT 감쇠치를 각각 비교했을 때 거의 대부분 차이가 없었으며 다만 문맥기에 체부와 미부 사이에서만 유의한 차이를 보였다(표3). 동일 부위에 대하여 췌장실질기와 문맥기에서의 CT 감쇠치를 비교한 결과, 네 그룹 모두 췌장실질기에서 문맥기보다 유의하게 높았다(모두  $p < 0.001$ ) (표4, 그림3). 기법에 따른 CT 감쇠치 차이를 알아보기 위해 각 그룹의 평균 CT 감쇠치를 비교했을 때, 우선 췌장실질기에서 그룹 1과 그룹 3은 유의한 차이를 보이지 않았고 그룹 2는 그룹 4에서보다 높지만 차이는 그리 크지 않았다(115.5HU vs 111.7HU;  $p = 0.093$ , 128.3HU vs 119HU;  $p = 0.003$ ) (표4, 그림3). 문맥기에서 그룹 1과 그룹 3간에, 그룹 2와 그룹 4간에 유의한 CT 감쇠치의 차이 없었다(104.4HU vs 104.8HU;  $p = 1$ , 112.1HU vs 112.1HU;  $p = 1$ ). 조영제 농도에 따른 그룹 간 감쇠치 차이를 비교했을 때 두 시기 모두에서 고농도 조영제를 쓴 그룹 2와 그룹 4에서 그룹 1과 그룹 3보다 감쇠치가 유의하게 높았고 감쇠치 차이는 약 7.3HU에서 12.8HU 정도였다(모두  $p < 0.05$ ) (표5, 그림3).

표3. 췌장 부위와 시기에 따른 CT 감쇠치 비교

	두부	체부	미부
췌장실질기	116.8 ± 17.3	117.6 ± 16.5	115.8 ± 16.1
문맥기	106.8 ± 13.2	107.4 ± 13.1*	105.4 ± 12.6*

단위; HU, Hounsfield Unit

\* p=0.038

표4. 기법에 따른 췌장 CT 감쇠치 비교

	그룹 1	그룹 3	감쇠치 차이	p 값
췌장실질기	115.5±15.4	111.7±15.1	3.78	0.093
문맥기	104.4±12.5	104.8±12	-0.41	1.0
	그룹 2	그룹 4	감쇠치 차이	p 값
췌장실질기	128.3±17.1	119.0±17.1	9.25	0.003
문맥기	112.1±13.8	112.1±12.9	-0.04	1.0

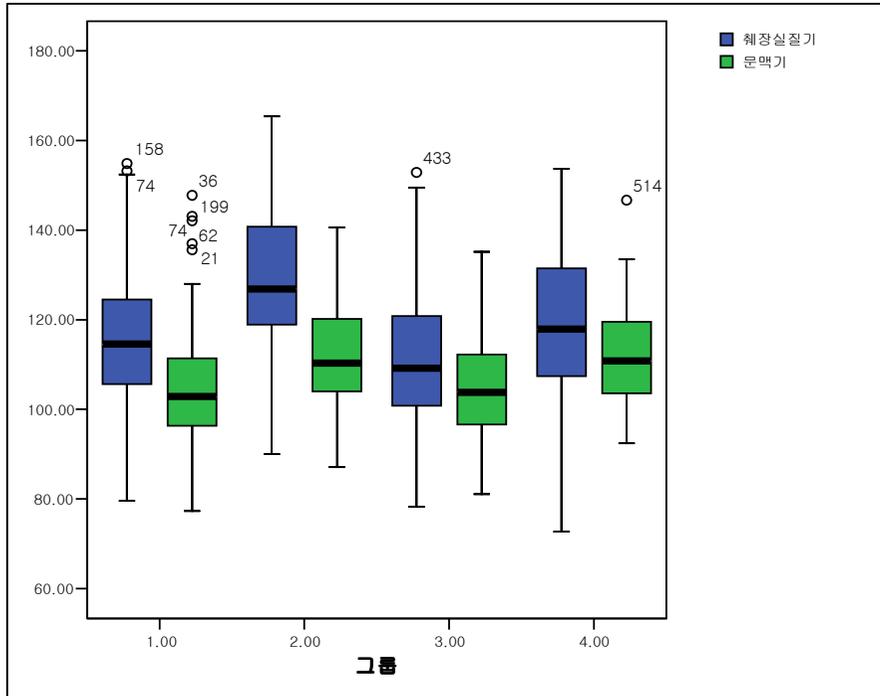
단위; HU, Hounsfield Unit

표5. 조영제 농도에 따른 췌장 CT 감쇠치 비교

	그룹 1	그룹 2	감쇠치 차이	p 값
췌장실질기	115.5±15.4	128.3±17.1	-12.81	<0.001
문맥기	104.4±12.5	112.1±13.8	-7.70	<0.001
	그룹 3	그룹 4	감쇠치 차이	p 값
췌장실질기	111.7±15.1	119.0±17.1	-7.34	0.012
문맥기	104.8±12	112.1±12.9	-7.33	<0.001

\* 같은 조영제 농도 쓴 그룹간에 조영제추적기법과 고정시간기법의 비교  
 † 같은 기법 쓴 그룹간에 300mg/cc와 370mg/cc 조영제의 비교

그림3. 시기별, 그룹별 췌장 CT 감쇠치 비교



기법에 따른 그룹 간 CT 감쇠치를 비교했을 때, 그룹 2의 췌장실질기 감쇠치가 그룹 4보다 약간 높았고( $p=0.003$ ) 그 외의 경우에는는 유의한 차이 없었다. 조영제 농도에 따른 그룹 간 감쇠치 차이를 비교했을 때, 두 시점에서 고농도 조영제를 쓴 그룹들에서 감쇠치가 유의하게 높았다 ( $p<0.05$ ). 두 시기의 CT 감쇠치를 비교하였을 때 네 그룹에서 모두 췌장실질기의 감쇠치가 유의하게 높았다( $p<0.001$ ).

## IV. 고찰

지금까지 여러 연구들에 의해 췌장 병변을 평가하는데 있어 매우 유용한 다중시기 췌장 CT를 최적화하기 위해 다양한 프로토콜이 제시되었다. CT 영상에 영향을 끼치는 요인은 매우 다양한데 우선 환자의 나이와 체중 및 순환기 기능 외에 관심장기, 조영제, 스캔창 등의 CT 프로토콜 등이 있겠다. 환자 요인 중 성별이나 나이 등은 조절이 불가능하고 체중에 따라 조영제 양을 조절하여 체중에 의한 영향을 줄일 수 있다. Yasuyuki Y 등은 복부 CT을 시행할 때 2.0-2.5ml/kg의 조영제 양이 적당하다고 하였다<sup>12</sup>. 췌장은 동맥과 문맥에서 혈액을 공급받는 간과 달리 주로 동맥에서 혈액을 공급받기 때문에 동맥기와 문맥기 중간 시기에 해당하는 췌장실질기에서 췌장실질이 더 강하게 조영 증강된다<sup>3, 6, 8</sup>. 이번 연구에서도 네 그룹 모두에서 췌장실질기 감쇠치가 문맥기에 비해 유의하게 높았다. 또한 췌장의 부위에 관계없이 췌장 실질이 전반적으로 같은 시기에 비슷한 정도로 조영 증강되었는데, 이는 췌장이 작고 길쭉한 모양을 지나 여러

작은 동맥들로부터 혈액을 공급받기 때문이다.

CT 프로토콜 중 조영제에 관하여는 조영제 주입 속도가 빠를수록 혹은 조영제 양이 많을수록 최고 조영 증강 시간(peak contrast enhancement time)이 빨라지고, 조영제 농도가 높을수록 혹은 주입 속도가 빠를수록 최고 조영 증강 정도(peak contrast enhancement)가 높다고 하였다<sup>13-17</sup>. 이 연구에서는 환자의 체중에 따라 조영제 용량을 조절하였고 조영제 주입 속도는 3ml/sec로 고정하였으며 300mg I/ml와 370mg I/ml의 두 가지 다른 농도의 조영제를 사용하였다. 그 결과 췌장실질기와 문맥기 모두에서 고농도 조영제를 쓴 경우에 췌장 감쇠치가 유의하게 높았다(표5). Fenchel 등은 동맥기와 문맥기에서 췌장과 주변 혈관, 췌장암이 고농도 조영제를 썼을 때 더 조영 증강된다고 하였다. 그러나 종양의 경계식별이나 주변 장기로의 침투를 감별하는 데 있어 조영제 농도에 따른 차이는 뚜렷하지 않다고 발표하였다<sup>17</sup>.

조영증강 CT의 지연시간 역시 CT 영상의 질을 좌우하는데 조영제 주입 후 촬영 시작할 때까지의 지연 시간을 스캔창이라고 한다. 최근 16 채널

혹은 64 채널 MDCT 스캐너를 사용해 수초 동안에 넓은 범위의 영상을 얻을 수 있게 되면서 이전보다 더 정확하고 좁은 범위의 스캔창이 필요하게 되었고, 특히 크기는 작지만 혈액공급이 빠른 췌장의 경우 정확한 시기에 영상을 얻어야 적절하게 조영 증강된 영상을 얻을 수 있겠다. McNulty 등은 4 채널 MDCT 스캐너로 조영제 150ml를 4ml/sec로 주입할 때 35초, 60초에서 췌장실질기, 문맥기 영상을 얻는 게 좋다고 보고하였다<sup>18</sup>. Kim T. 등은 3ml/sec로 주입할 경우 췌장실질기 스캔창은 약 34-36초였다고 발표했다<sup>14</sup>. 본원에서 간세포암종 (hepatocellular carcinoma) 환자를 대상으로 16 채널 MDCT에서 조영제추적기법을 통한 간 CT 스캔창을 조사한 연구에서 100HU시간은 평균 18초였고 그보다 16-30초 후에 촬영할 때 췌장이 잘 조영되었고 이중 20초 후에 얻은 영상에서 췌장이 가장 강하게 조영 증강되었다 (김명진 미출간 데이터). 이 연구에서 췌장실질기 스캔창을 조영제 추적기법은 100HU시간 후 20초로, 고정시간기법은 38초로 고정하였는데 그 결과 그룹 1과 그룹 2의 100HU시간은 각각  $18.1 \pm 3.8$ 초,  $17.4 \pm$

3.4초로 그룹 3과 그룹 4의 고정 스캔창과 비슷했지만 9초-30초의 개인차가 있었고 환자 나이가 많을수록, 체중이 많이 나갈수록 100HU 시간이 긴 양상을 보였다(표2, 그림1과 2). 즉, 환자 나이가 많거나 체중이 많이 나갈 경우 채장실질기를 얻는 시간이 보통의 경우보다 늦을 수 있기 때문에 조영제추적기법 등을 통해 스캔창의 개인차를 줄이는 효과를 볼 수 있겠다.

스캔창을 정하는 방법에는 고정시간기법, 조영제추적기법이 있는데 두 방법 모두 현재 널리 쓰이고 있다. 우선 고정시간기법은 대부분의 사람에서 혈관, 장기가 조영 증강되는 시간이 어느 정도 일정하다는 조건 하에 조영제 주입 후 일정 시간 뒤에 영상을 얻는 것으로 이전부터 흔하게 사용되었다. 조영제추적기법은 조영제 주입과 동시에 대동맥의 CT 감쇠치를 실시간 감시하여 일정 수준 이상으로 증가하였을 때를 기점으로(100HU시간) 일정 시간 후에 영상을 얻는 것으로 환자마다 검사할 때마다 적정 스캔창을 정하기 때문에 스캔창의 개개인의 다양성을 반영할 수 있다. 이 방법은 CT 스캐너에서 자동적으로 시행시킬 수 있어

번거롭지는 않으나 감시하는 부위에 수초 동안 방사선 조사를 해야 하는 단점이 있다. 다중시기 간 CT에서 최적의 동맥기 영상을 얻는데 있어 이 두 방법의 유용성에 관하여 발표한 이전의 논문 중 일부는 조영제 추적기법과 고정시간기법 간에 유용성의 차이가 없었다고 발표하였지만 다른 일부에서는 조영제추적기법이 더 우수하다고 하였다<sup>9-11</sup>.

지금까지 16 채널 MDCT에서 췌장실질기 영상을 얻는데 조영제 추적기법의 유용성에 대한 연구는 발표된 적이 없었다. 기법에 따른 췌장실질의 조영 증강의 차이에 관한 이번 연구 결과, 우선 문맥기에서는 조영제 농도에 상관없이 두 기법 간에 췌장 조영 증강에 유의한 차이 없었다. 이와 달리 췌장실질기에서는 조영제추적기법을 썼을 때 고정시간기법보다 췌장 조영이 더 증강되는 경향을 보이나 그 차이는 300mgI/ml 조영제를 쓴 그룹 간에는 약 3.8HU, 370mgI/ml 조영제를 쓴 그룹 간에는 약 9.3HU로 크지 않았다(표5, 그림3). Itoh S 등은 두 기법 간에 큰 차이가 없는 이유를 설명하였는데 우선 순환기 장애가 없는 사람에서 대동맥이나 관심장기의 조영 증강 시간의 다양성이 생각보다 크지 않을 뿐

아니라 개인마다 이상적인 대동맥 조영 증강의 역치와 이후 지연 시간이 다르기 때문에 조영제추적기법으로도 스캔창의 다양성을 완전히 반영할 수 없다고 하였다<sup>11</sup>. 또한 처음 조영제가 장기에 도착했을 때는 급속하게 장기의 감쇠치가 급격히 올라가지만 이후에는 기울기가 평탄해져 시간이 지날수록 조영 증강 차이가 크지 않게 되기 때문이라고 설명하였다. 이번 연구에서 역시 두 기법 간에 큰 차이는 없었지만 유독 고농도 조영제를 사용한 경우에서 두 기법 간의 차이가 더 컸다. 조영제가 췌장에 처음 도착한 후부터 최고 조영 증강 시간까지 얼마간 급하게 조영 증강되는데 이 때 조영제의 농도가 높을수록 조영 증강 폭이 크고 최고 조영 증강 정도가 높아진다. 또한 비록 조영제추적기법 역시 췌장의 조영 증강 패턴의 개인별 다양성을 완전히 반영하지 못하나 고정시간기법보다는 어느 정도 이상적인 스캔창에 가깝게 된다. 이 두 가지 요소의 상승 작용으로 고농도 조영제를 쓸 때 조영제추적기법에서 고정시간기법보다 췌장이 더 조영 증강되었다고 볼 수 있겠다.

이 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 시각적 평가 없이 췌장 CT

감쇠치로 췌장 조영 증강을 비교했다. 둘째, 췌장 조영 정도를 조영 전 CT와 비교하지 못하였다. 셋째, 췌장암 등의 췌장 병변이 있는 환자를 포함하지 않았다. 이후 CT 기법이나 조영제 농도가 실제로 췌장 병변의 발견 및 침범 범위에 영향을 끼칠지에 대한 연구가 필요하겠다.

## V. 결 론

결론적으로 췌장 다중시기 MDCT에서 최적의 췌장실질기 영상을 얻는 데 있어 조영제추적기법을 사용하는 것이 고정시간지연기법보다 췌장조영 증강을 높이는 경향이 있으나 차이는 크지 않고 저농도에서보다 고농도 조영제를 사용할 때 더 유용하였다. 고정시간기법에서 췌장실질기 스캔창은 2ml/kg의 조영제를 3ml/sec의 속도로 주입했을 때 약 38초가 적당하겠다.

## 참고 문헌

1. Muller MF, Meyenberger C, Bertschinger P, Schaer R, Marincek B. Pancreatic tumors: evaluation with endoscopic US, CT, and MR imaging. *Radiology* 1994; 190:745-751.
2. Hommeyer SC, Freeny PC, Crabo LG. Carcinoma of the head of the pancreas: evaluation of the pancreaticoduodenal veins with dynamic CT--potential for improved accuracy in staging. *Radiology* 1995; 196:233-238.
3. Lu DS, Vedantham S, Krasny RM, Kadell B, Berger WL, Reber HA. Two-phase helical CT for pancreatic tumors: pancreatic versus hepatic phase enhancement of tumor, pancreas, and vascular structures. *Radiology* 1996; 199:697-701.
4. Keogan, MT, McDermott VG, Paulson EK, Sheafor DH, Frederick MG, de Long DM, et al., Pancreatic malignancy: effect

of dual-phase helical CT in tumor detection and vascular opacification. *Radiology* 1997; 205:513–518.

5. Johnson, CD., Pancreatic carcinoma: developing a protocol for multi-detector row CT. *Radiology* 2001; 220:3–4.
6. Fletcher, JG, Wiersema MJ, Farrel MA, Fidler JL, Burgart LJ, Koyama T, et al., Pancreatic malignancy: value of arterial, pancreatic, and hepatic phase imaging with multi-detector row CT. *Radiology* 2003; 229:81–90.
7. Lu DS, Reber HA, Krasny RM, Kadell BM, Sayre J. Local staging of pancreatic cancer: criteria for unresectability of major vessels as revealed by pancreatic-phase, thin-section helical CT. *AJR Am J Roentgenol* 1997; 168:1439–1443.
8. Boland GW, O'Malley ME, Saez M, Fernandez-del-Castillo C, Warshaw AL, Mueller PR. Pancreatic-phase versus portal vein-phase helical CT of the pancreas: optimal temporal

window for evaluation of pancreatic adenocarcinoma. *AJR Am J Roentgenol* 1999; 172: 605–608.

9. Sandstede JJ, Tschammler A, Beer M, Vogelsang C, Wittenberg G, Hahn D. Optimization of automatic bolus tracking for timing of the arterial phase of helical liver CT. *Eur Radiol*, 2001; 11: 1396–1400.
10. Mehnert F, Pereira PL, Trubenbach J, Kopp AF, Claussen CD. Biphase spiral CT of the liver: automatic bolus tracking or time delay? *Eur Radiol*, 2001; 11: 427–431.
11. Itoh S, Ikeda M, Achiwa M, Satake H, Iwano S, Ishigaki T. Late–arterial and portal–venous phase imaging of the liver with a multislice CT scanner in patients without circulatory disturbances: automatic bolus tracking or empirical scan delay? *Eur Radiol* 2004; 14: 1665–1673.
12. Yamashita Y, Komohara Y, Takahashi M, Uchida M, Hayabuchi

- N, Shimizu T, et al., Abdominal helical CT: evaluation of optimal doses of intravenous contrast material—a prospective randomized study. *Radiology* 2000; 216:718–723.
13. 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.
  14. Kim T, Murakami T, Takahashi S, Okada A, Hori M, Naarumi Y, et al. Pancreatic CT imaging: effects of different injection rates and doses of contrast material. *Radiology* 1999; 212: 219–225.
  15. Tublin ME, Tessler FN, Cheng SL, Peters TL, McGovern PC. Effect of injection rate of contrast medium on pancreatic and hepatic helical CT. *Radiology* 1999; 210:97–101.
  16. Awai K, Hori S. Effect of contrast injection protocol with dose tailored to patient weight and fixed injection duration on aortic

and hepatic enhancement at multidetector–row helical CT. *Eur Radiol* 2003; 13):2155–2160.

17. Fenchel S, Fleiter TR, Aschoff AJ, van Gessel R, Brambs HJ, Merkle EM. Effect of iodine concentration of contrast media on contrast enhancement in multislice CT of the pancreas. *Br J Radiol* 2004; 77:821–830.
18. McNulty NJ, Francis IR, Platt JF, Cohan RH, Korobkin M, Gebremariam A. Multi––detector row helical CT of the pancreas: effect of contrast–enhanced multiphasic imaging on enhancement of the pancreas, peripancreatic vasculature, and pancreatic adenocarcinoma. *Radiology* 2001; 220:97–102.

Abstract

**Variation of attenuation value of pancreas at dual phase MDCT: comparison of the bolus-tracking technique vs. the fixed scan delay protocol**

**Eunhye Yoo**

**Department of Medicine**

**The Graduate School, Yonsei University**

**Directed by Professor Myeong-Jin Kim**

**Purpose:** To clarify the difference between the bolus-tracking technique and fixed scan delay protocol in achievement of optimal pancreatic phase of the pancreas with MDCT.

**Materials and methods:** 526 patients underwent pancreatic and portal venous phase imaging of the pancreas with 16-channel MDCT. All exams were randomized into either scanning with bolus-tracking technique with scan delay of 20s after the aorta enhanced > 100HU (groups 1 and 2) or scanning with a scan delay of 38 s from the beginning of injection (groups 3 and 4). Contrast material of 300mgI/ml (groups 1 and 3) or 370mgI/ml (groups 2 and 4) with 3ml/sec was injected at 2ml/kg body weight. The portal venous phase scans were started at 24 seconds after the late-arterial scan in all groups. The mean pancreatic CT attenuation values obtained at the head, body, and tail were compared between each group and each scan.

**Results:** The scan delay times of pancreatic phase in group 1 and group 2 were  $38 \pm 3.8$  second and  $37.4 \pm 3.4$  second, similar to those of groups of fixed scan delay protocol. At the pancreatic phase, pancreatic attenuation values of group 1 and group 2 were slightly

higher than those of groups 3 and group 4 ( $115.5 \pm 15.4$  vs.  $111.7 \pm 15.1$  HU;  $p=0.093$ ,  $128.3 \pm 17.1$  vs.  $119 \pm 17.1$  HU;  $p=0.003$ ).

At the portal venous phase, there was no significant difference between groups. CT attenuation values of groups using higher concentration of contrast materials were significantly higher than those of groups using lower concentration of contrast materials at both phases ( $p < 0.05$ , all).

**Conclusion:** The use of bolus-tracking technique in optimal pancreatic phase of pancreatic CT does not significantly improve pancreatic enhancement, but it does when using higher iodine concentration.

---

Key words: pancreas, pancreatic phase, MDCT (multidetector-row spiral computed tomography), bolus tracking technique