

논문 2010-47SP-1-3

MDCT 영상에서 간 체적 계산을 위한 4 점 이용 간 분할 방법

(Liver Cut Method Using 4 Points for Hepatic Volumetry
at MDCT Image)

서정주*, 조백환**, 박종원*

(Jeong Joo Seo, Baik Hwan Cho, and Jong Won Park)

요약

본 논문은 생체간이식 전에 복부 MDCT(Multi-Detector Computed Tomography) 영상에서 이식편의 체적(the volume of right and left liver lobe)을 정확하게 계산하기 위하여 좌간과 우간을 나누는 방법을 제안하였다. 간이 추출된 영상에 해부학적인 좌간과 우간을 나누는 4점(하대정맥(Inferior Vena Cava)를 반으로 나눌 수 있는 중심점, 담낭와의 가까운 중간정맥(Middle Hepatic Vein)의 끝부분 한 점, 좌우문맥(Portal Vein) 분지부에서 한 점, 담낭와(gallbladder fossa)를 좌우로 나눌 수 있는 중심점)를 선택한다. 선택된 4점을 기준으로 좌간과 우간을 나누고 체적과 간 전체에 대한 좌우간의 비율을 계산한다. 계산된 체적의 정확성을 입증하기 위해 방사선과 의사가 수동으로 처리하여 계산한 체적과 함께 수술 중 획득한 실측무게와 비교하였다. 그리고 4점을 선택한 후 좌우간을 분할하여 체적을 계산하는 시간을 측정하여 수술실에서 실시간으로 처리 가능할지의 여부를 확인하였다. 본 연구는 간이식에 참여하는 기증자와 수혜자의 안전을 보장하기 위하여 진행되었다.

Abstract

This paper proposed the method to separate a liver into left and right liver lobes for exact volumetry of the liver graft at abdominal MDCT(Multi-Detector Computed Tomography) image before living donor liver transplantation. On the image of segmented liver, 4 points(the middle point of Inferior Vena Cava, a point of Middle Hepatic Vein, a point of Portal Vein, a middle point of gallbladder fossa) are selected. A liver is separated into left and right liver lobes on the basis of the 4 points. The volume and ratio of the liver graft are estimated. The volume estimated using 4 points and the manual volume that radiologist processed and estimated are compared with the weight measured during surgery to support proof of the exact volumetry. After selection the 4 points, the time involved in separation a liver into left and right liver lobe and volumetry of them is measured for confirmation that the algorithm can be used on real time during surgery. This study progressed to ensure donor's and recipient's safe who will undergo the liver transplantation.

Keywords: 생체간이식, MDCT 복부영상, 4점 이용 간 분할, 간 체적계산

I. 서론

간이식수술은 간암, 간경변 등 만성 혹은 악성질환에

있어서 최후 또는 최선의 치료법이다. 우리나라에서는 뇌사자의 장기가 이식 대기자에 비하여 턱없이 부족하여 생체 부분간이식이 점점 증가하고 있는 추세이다^[1]. 이식수술을 하기 위해서는 기증자와 수혜자의 간 내의 부 혈관의 형태, 혈관질환의 유무, 간의 체적을 계산할 수 있는 진단적 영상을 얻는 것은 필수적이다^[2~3]. 사체 간 이식에서는 전체 간을 적출하여 그대로 이식하거나, 부분적으로 나누어 필요한 분량만 이식한다. 그러나 생체간이식에서는 기증자가 증여할 수 있는 간의 체적과,

* 정회원, 충남대학교 정보통신공학과
(Department of Information Communications
Engineering, Chungnam National University)

** 정회원, 전북대학교병원 외과
(Department of Surgery, Chonbuk National
University Medical School)

접수일자: 2009년5월10일, 수정완료일: 2009년12월30일

수혜자에게 필요한 간의 체적을 계산하여 이를 비교 분석하여야 한다. 그리하여 기증자로부터 기증이 가능한 간의 일부를 결정하는 것이 매우 중요하다. 이식수술은 기증자의 안전이 가장 중요하기 때문에 기증하고 남아 있는 간의 체적이 본디 간 체적의 35-40% 이상을 유지할 수 있도록 하여야 한다^[4]. 이식수술 후 환자의 간 기능이 충분히 유지되기 위해서는 이식편(graft)의 체적이 환자 몸무게의 0.8% 이상이 되거나^[5] 환자의 표준 간 체적(standard liver volume)의 50% 이상이 되어야 한다^[6]. 이러한 이유 때문에 좌우간의 구분 없이 간 전체에 대한 체적만을 계산하는 방법^[7]은 생체 부분간 이식수술의 수술 전 평가에 충분한 자료가 되지 못한다. 그리고 수동으로 계산된 체적들은 비교적 정확^[8]하지만 많은 시간과 노력이 요구되어 반자동^[9]이나 자동 시스템^[10]으로 간 체적을 계산하기 위한 시도가 있어왔다. 그러나 이러한 연구들은 실제 측정된 간 무게와의 비교가 없었다. Hermoye et al^[11] 연구는 MR영상에서 반자동으로 계산된 좌우간 체적을 실측체적과 비교하였으나 좌우간을 나누기 위하여 portal anatomy를 기준으로 여러 슬라이드에 직선을 그리는 방법을 사용하였다. Nakayama et al 연구에서는^[7] 간질병이 있던 환자들의 간을 사용하여 체적을 측정했고, 총 간의 체적만 비교하였다. MR^[12]이나 CT^[13] 영상을 이용하여, 수술 전에 간 체적을 측정하는 많은 연구들이 있었다. 해부학적으로 좌간과 우간을 나누는 평면(Cantlie's plane)이 규정되어있다. 이는 하대정맥의 두 점(간내 하대정맥의 상하)과 담낭와(gallbladder fossa)를 연결하는 평면으로 구성된다. 그러나 실제로 이 평면은 완전한 평면이 아니다. 좌우간은 이 평면을 중심으로 다소 요철이 있는 불규칙한 면이라고 볼 수 있다.

본 연구는 실제 생체간이식에 참여했던 기증자들의 복부 MDCT 영상으로 처리하였다. 영상에서 간과 간 내부의 혈관 이미지를 추출하고, 좌간과 우간을 나누어 체적을 계산하였다. 좌우간 구분은 하대정맥, 중간정맥, 문맥, 담낭와의 위치를 고려하는 4개의 기준점을 이용하였다. 각 환자들마다 장기의 크기와 혈관의 상태에 차이를 보이기 때문에^[14-15] 보다 정확한 처리를 위하여 좌간과 우간을 구분하는 기준이 되는 혈관과 장기의 위치는 의료진이 수동으로 지정할 필요가 있었다. 계산된 좌간과 우간의 체적들은 전북대학병원 방사선과 의사들에 의해 수동으로 계산된 체적과 비교하였으며, 수술실에서 획득한 실측 무게와 비교하였다. 그리고 4점을 선

택한 후 좌우간을 나누고 체적과 비율을 계산하는데 걸린 시간을 측정하였다. Hermoye et al. 연구^[11]에서도 좌우간을 분할하는데 걸린 시간을 측정 하였다. 본 연구에서는 사용된 슬라이드의 장수가 더 많은데도 불구하고 처리시간은 훨씬 단축되었다.

본 연구의 목적은, CT영상을 이용하여 살아있는 기증자의 좌우간 체적을 보다 정확히 계산하여, 좌간 혹은 우간 이식편(graft)을 적출하였을 때 실제로 측정된 체적을 정확하게 예측할 수 있는 방법을 찾고자 하였다.

II. 좌간과 우간의 분할

1. 환자정보

2005년 4월부터 2007년 7월까지 전북대학병원에서 이미 생체간 이식에 참여했던 12명의 기증자 영상을 획득하여 처리했다. 기증자들의 평균나이는 25.75세이고 범위는 19세에서 36세였다. 4명의 여성(평균나이, 26.5세 범위, 21~36세)과 8명의 남성(평균나이, 25.375세 범위, 19~35세)에 대하여 처리하였다. 기증자들은 수술 전 CT촬영을 했고 간 이식을 위하여 좌간이나 우간을 절제할 수 있는 건강한 성인이었다. 기증자들의 정보는 표 1과 같다.

표 1. 기증자 정보
Table 1. Donors information.

Donors	Exam Date	Sex	Age	Image size	Pixel Spacing(mm)	section thickness(mm)	
						4점 이용	수동
Donor1	2005-08-10	M	19	512 X 512	0.65625	1	3
Donor2	2006-02-07	M	30	512 X 512	0.646484375	1	3
Donor3	2006-03-08	M	29	512 X 512	0.693359375	1	3
Donor4	2007-07-06	M	24	512 X 512	0.697265625	3	3
Donor5	2006-05-12	M	23	512 X 512	0.68359375	1	3
Donor6	2005-11-18	F	22	512 X 512	0.546875	1	3
Donor7	2005-12-29	M	19	512 X 512	0.63671875	1	3
Donor8	2006-12-08	F	27	512 X 512	0.626953125	3	3
Donor9	2006-08-29	M	30	512 X 512	0.608515625	3	3
Donor10	2006-02-15	F	21	512 X 512	0.6484375	1	3
Donor11	2005-04-26	M	35	512 X 512	0.703125	1	5
Donor12	2005-05-12	F	36	512 X 512	0.75	1	3

2. MDCT 영상과 전처리

전북대학병원에서 획득한 복부 MDCT 영상은 DICOM version 3.0 파일로 저장되어 있었다. CT 영상은 조영술을 이용하여 동맥기, 문맥기, 정맥기의 3단계로 촬영되었다. 조영제(Ultravist; Bayer Schering Pharma, Germany)는 130mL가 정맥내에 주사되었는데 초당 3.5cc의 속도로 자동 주사되었다. 동맥기, 문맥기, 정맥기는 각 단계의 혈관구조를 2차원이나 3차원의 재구성에 따라 외과적으로 관련된 해부학적인 다양성을

분석하기 위하여 사용된다. CT 촬영 시 사용된 영상의 파라미터들은 120 kVp, 380 mAs, 512x512-pixel matrix, 3 or 5mm section thickness이다. 촬영 후 section thickness 는 1mm로 재구성 되었다. 개인용 컴퓨터(LG PC, Intel(R) Core(TM)2 CPU, 2GB RAM, 32 비트 운영체제)에서 CT 영상을 처리하기 위해 DICOM version 3.0 파일을 8bit bitmap 파일 형식으로 변환하였다. 정맥기나 문맥기의 CT 영상을 이용하여 수술 전 기증자의 좌간과 우간의 체적을 계산하였다.

3. 4점을 이용하여 간 분할

가. 간과 간내 혈관의 추출

간 추출은 문맥기에서 간의 경계선을 수동으로 처리한 후 2진 영상으로 저장하였다(그림 1). 정확성은 전복대 의료진에 의해 확인되었다.

혈관은 명암 값과 canny edge detection을 이용하여 자동으로 추출되었다. 결과는 2진 영상으로 저장되었다.(그림 2). 추출된 혈관은 간의 체적계산시 제외되었다.

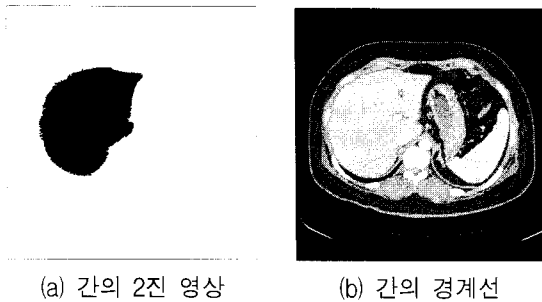


그림 1. 추출된 간
Fig. 1. Liver segmentation.

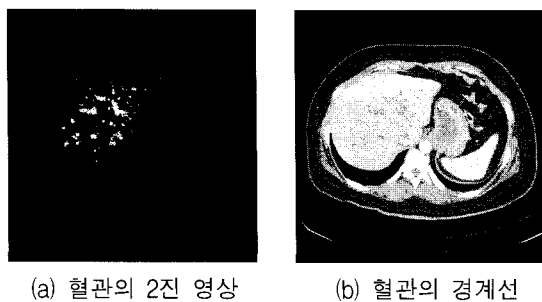


그림 2. 추출된 간 내부의 혈관
Fig. 2. Hepatic vein segmentation.

나. 간의 분할

중간정맥은 문자 그대로 좌우간의 사이에 끼어있다.

이 중간정맥을 이식편(graft)에 포함시키느냐 아니면 이식편으로부터 제외시키느냐 하는 것은 매우 중요한 문제이다. 이러한 결정을 하는데 있어서 가장 먼저 고려해야 할 점은 기증자의 안전이다. 이식 후 남은 간의 체적이 기증자 안전역의 수치에 겨우 근접할 때는 기증자의 안전을 위해서는 중간정맥의 주간 (main trunk)은 기증자 측에 남겨야 한다. 반대로 이식편이 충분히 여유가 있을 때도 중간정맥은 남겨두고 절제해야 한다. 이런 이유 때문에 4점을 결정할 때는 중간정맥을 어느 쪽에 붙여서 남겨야 하는지를 고려하며 결정한다. 문맥은 좌문맥지와 우문맥지로 나누어지는 점을 파악하여 적출하여야 하는 쪽으로 보통 2mm정도 이동하여 결정한다¹⁶⁾. 이와 같은 원칙에 의해 간의 절제면을 결정하기 위하여 4개의 기준점들을 선택하였다. 우간을 이식편으로 이용하고자 하고 중간정맥을 기증자측에 남겨두려고 할 때는 첫번째 기준점(PIVC;a Point of IVC)은 중간정맥(MHV; Middle Hepatic Vein)과 우간정맥(RHV; Right Hepatic Vein)이 각각 하대정맥으로 유입되는 점의 사이에 찍어둔다(그림 3). 두번째 기준점(PMHV;a Point of MHV)은 중간정맥간(main trunk, 길이는 약 3cm 정도)의 끝부분이 된다. 이 부분은 실제

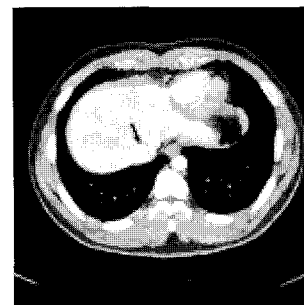


그림 3. 하대정맥(IVC)의 중심에 해당되는 점(PIVC) 선택
Fig. 3. A point of IVC.



그림 4. 중간정맥을 고려하여 한 점(PMHV) 선택
Fig. 4. A point of MHV.



그림 5. 우간으로 들어가는 문맥의 시작점(PPV) 선택
Fig. 5. A point of PV.



그림 6. 담낭와의 중심에 위치한 간의 끝점(PGB) 선택
Fig. 6. A point of gallbladder fossa.

로는 담낭와(GB fossa)에 근접한 위치이며 간의 분절 중에서 주로 S4, S5에서 유입되는 정맥혈이 모이는 곳이다(그림 4). 세번째 기준점(PPV; a Point of PV)은 우간으로 들어가는 문맥의 시작점을 선택한다(그림 5). 마지막 기준점(PGB; a Point of GB fossa)은 담낭와의 중심부에 위치한 간의 끝점을 선택한다(그림 6).

4점이 선택된 후 PIVC(X_{PIVC} , Y_{PIVC})와 PMHV(X_{PMHV} , Y_{PMHV})를 연결하여 최초의 기준선을 그린다(그림 7). 기준선을 그리는 공식은 식(1)과 같다. 하대정맥이 위치한 곳은 최초 기준선의 기울기를 그대로 유지한다. PIVC가 선택된 슬라이드에서 PPV가 선택된 슬라이드로 처리를 진행하면서 PIVC를 PPV와 연결한다.

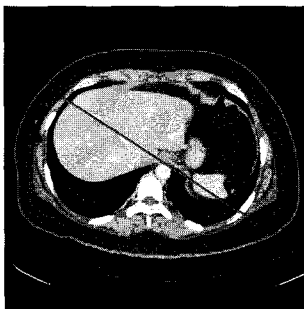


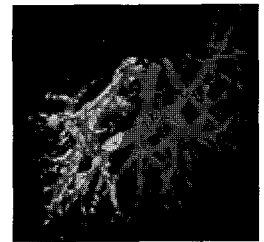
그림 7. PIVC와 PMHV가 연결된 좌우간 절개선
Fig. 7. Connected line between PIVC and PMHV to separate a liver into left and right liver lobes.



그림 8. PGB와 PPV가 연결된 좌우간 절개선
Fig. 8. Connected line between PGB and PPV to separate a liver into left and right liver lobes.



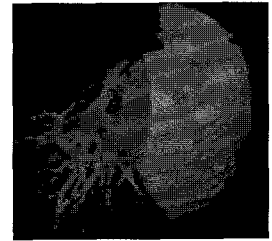
(a) 구분된 간



(b) 좌우간으로 구분된 간 내부의 혈관



(c) 우간과 좌간 내부의 혈관



(d) 좌간과 우간 내부의 혈관

그림 9. 4점을 이용하여 구분된 좌간과 우간
Fig. 9. Left and right liver lobes and blood vessel in the lobes.

PMHV가 선택된 슬라이드에서 PGB가 선택된 슬라이드로 처리를 진행하면서 PMHV과 PGB을 연결하여 절개면을 구성한다. 절개선의 상태는 그림 8과 같다. 그림 9은 절개된 간과 혈관의 상태를 보여준다.

$$LINE_i = (i - Y_{PIVC}) * (X_{PIVC} - X_{PMHV}) / (Y_{PIVC} - Y_{PMHV}) + X_{PIVC} \quad (i=0, 1, \dots, 511) \quad (1)$$

III. 좌간과 우간의 체적 계산

1. 실측무게 측정

수술 중 절제된 이식편에서 혈액을 모두 제거한 후

전자저울(MWII-3000, CAS)로 이식편의 무게를 측정하였다.

2. 수동으로 처리하여 체적 계산

생체간이식에 앞서 전북대학병원 방사선과 의사가 의료영상 처리기에서 전자커서를 이용하여 디지털 영상에 나타나는 모든 간의 경계선을 수동으로 그렸다(그림 10). 그리고 방사선과 의사는 모든 간 추출영상에서 중간정맥을 기준으로 좌간과 우간을 나누기 위한 선을 수동으로 그렸고(그림 11) 수동으로 경계선을 표시할 수 있는 혈관을 제외시켜 간의 체적을 계산하였다. 체적계산은 표시된 간의 픽셀 수를 세어 픽셀의 크기와 슬라이드 간격을 곱하여 총 간과 좌우간의 체적을 자동으로 계산하는 소프트웨어를 이용하였다.

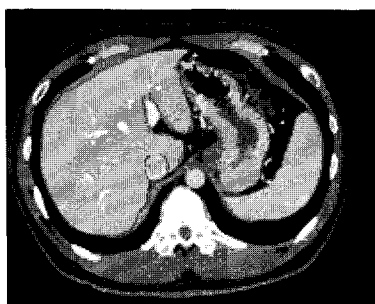


그림 10. 방사선과 의사가 수동으로 처리한 간의 경계선
Fig. 10. Liver edge that is manually processed by a radiologist.

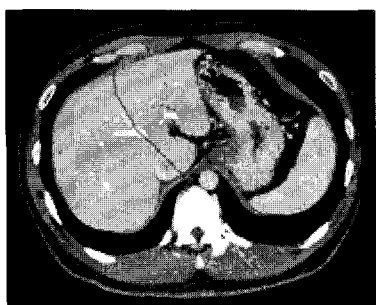


그림 11. 방사선과 의사가 수동으로 그린 좌우간의 구분선
Fig. 11. The liver cut line that is manually drawn by a radiologist.

3. 4점을 이용하여 체적 계산

4점을 이용하여 구성된 절개면에 의하여 구분된 좌간과 우간의 체적들을 계산한다. 모든 슬라이드에서 혈관을 제외한 간의 픽셀 수를 센다. 픽셀 수와 픽셀의 크기 그리고 슬라이드 간격을 곱하여 체적을 계산한다.

전체 간의 체적에 대한 좌간과 우간의 백분율도 계산한다.

4. 시간 측정

4점을 선택한 후 좌간과 우간을 분할하여 체적과 비율을 계산하는데 걸리는 시간을 측정하였다. 각 기증자에 대해 10번의 실행을 하여 처리시간을 기록하였다.

IV. 결 과

1. 체적

수술 중 측정된 12명 기증자의 실측무게는 표 2와 같다. 실측무게의 범위는 360g에서 1045g이고 평균 ± 표준편차는 677.78 g ± 188.90이다.

방사선과 의사가 수동으로 처리하여 계산된 체적은 표 3과 같다. 수동으로 처리된 체적의 범위는 520cm³에서 1230cm³이고 평균 ± 표준편차는 840.17cm³ ± 192.22이다.

표 2. 실측무게

Table 2. Measured graft weights during surgery.

Donors	actual graft weight(g)		donated graft
	Left Lobe	Right Lobe	
Donor1	360		Lt lobe graft
Donor2		869.7	partial Rt lobe
Donor3		856	partial Rt lobe
Donor4		601	Rt lobe
Donor5		707	modified Rt lobe graft
Donor6		432	Orthotopic
Donor7		753	partial Rt lobe extended
Donor8		637.4	extended Rt lobe
Donor9		628.2	Rt lobe
Donor10		672	Rt lobe modified
Donor11		1045	Rt lobe
Donor12		572.1	Rt lobe graft for v.

표 3. 수동으로 계산한 체적

Table 3. Volumes that is manually estimated.

Donors	Volume(cm3)			Ratio(%)	
	Total	Left Lobe	Right Lobe	Left Lobe	Right Lobe
Donor1	1720	520	1200	30.23	69.77
Donor2	1600	630	970	39.38	60.63
Donor3	1508	635	873	42.11	57.89
Donor4	1460	483	977	33.08	66.92
Donor5	1410	510	900	36.17	63.83
Donor6	940	340	600	36.17	63.83
Donor7	1340	520	820	38.81	61.19
Donor8	1124	474	650	42.17	57.83
Donor9	1540	520	1020	33.77	66.23
Donor10	1260	568	692	45.08	54.92
Donor11	2060	830	1230	40.29	59.71
Donor12	1341	511	830	38.11	61.89

표 4. 4점을 이용하여 계산한 체적
Table 4. Estimated volumes using 4 points.

Donors	Volume (cm ³)			Ratio(%)	
	Total	Left Lobe	Right Lobe	Left Lobe	Right Lobe
Donor1	1711.25	480.38	1230.87	28.07	71.93
Donor2	1564.56	608.85	955.71	38.91	61.09
Donor3	1463.30	593.51	869.78	40.56	59.44
Donor4	1448.49	595.08	853.41	41.08	58.92
Donor5	1355.82	604.89	750.93	44.61	55.39
Donor6	897.44	412.00	485.44	45.91	54.09
Donor7	1307.51	510.39	797.12	39.03	60.97
Donor8	1062.61	417.55	645.07	39.29	60.71
Donor9	1400.40	570.80	829.60	40.76	59.24
Donor10	1293.96	606.02	687.94	46.83	53.17
Donor11	1878.63	681.53	1197.10	36.28	63.72
Donor12	1325.15	549.49	775.66	41.47	58.53

4점을 선택한 후 자동으로 계산된 체적은 표 4와 같다. 4점을 이용하여 계산된 체적의 범위는 480.38cm³에서 1197.10cm³이고 평균 ± 표준편차는 777.35cm³ ± 188.20이다.

2. 실측무게, 수동으로 계산한 체적, 4점을 이용하여 계산한 체적의 비교

CT영상에서 계산된 간 이식편(좌간이나 우간)의 체적은 실측무게보다 크게 예측되었다. 수동으로 계산한 체적과 4점을 이용하여 계산한 체적을 실측무게와 비교해 보면 4점을 이용하여 계산한 체적의 오차가 더 작았다.

실측무게와 수동으로 계산된 체적의 오차 범위는 12.60~391.8cm³이고 오차의 평균 ± 표준편차는 162.38cm³ ± 124.39 이다(표 5). 실측무게와 수동으로 계산된 체적 사이의 차이의 표준오차는 37.505이다. 실측무게 y와 수동으로 계산된 체적 x의 관계는 y=0.803x 이다(그림 12).

실측무게와 4점을 이용하여 계산된 체적의 오차 범위는 7.67~252.41cm³이고 오차의 평균 ± 표준편차는 99.56cm³ ± 81.15 이다(표 5). 실측무게와 4점을 이용하여 계산된 체적 사이의 차이의 표준오차는 29.319이다.

표 5. 체적들의 오차
Table 5. Average error of the volumes

Variable	Actual graft weight	Estimated graft volume	
		수동	4점 이용
Liver volume(cm ³)	677.78±180.86	840.17±192.22	777.35±188.20
Average Error(cm ³)		162.38±124.39*	99.56±81.15**

모든 값은 평균 ± 표준편차로 표현

* 수동으로 계산한 체적 - 실측무게

** 4점을 이용하여 계산한 체적 - 실측무게

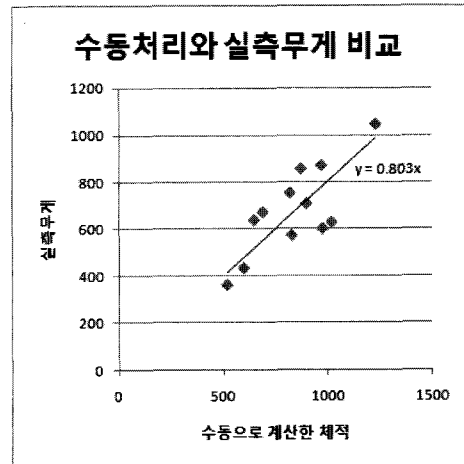


그림 12. 실측무게로 계산된 체적과 수동으로 계산된 체적의 관계

Fig. 12. Scatterplots of actual versus manually determined volumes.

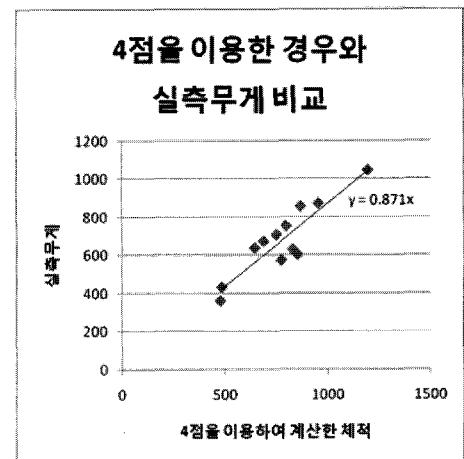


그림 13. 실측무게로 계산된 체적과 4점을 이용하여 계산된 체적의 관계

Fig. 13. Scatterplots of actual versus semiautomatically (using 4 points) determined volumes.

실측무게 y와 4점을 이용하여 계산된 체적 x의 관계는 y=0.871x 이다(그림 13).

수동으로 처리 시 실제 수술실에서 좌간과 우간을 나누는 4개의 기준점으로 처리하기가 쉽지 않았다. 환자마다 간의 형태나 혈관의 분포와 구조가 달랐지만 수동 처리는 슬라이드에서 보여지는 중간정맥을 기준으로 규정된 형태의 선을 그어서 좌우간을 분할하였다. 하지만 4점을 이용하는 본 연구에서 제안한 좌우간의 분할 방법은 실제 수술에서 고려되어지는 4점들을 선택하고 자연스럽게 실제 상황처럼 절제면을 만들었다. 이러한 방법은 환자마다 달라질 수 있는 불규칙적인 절제면의 형태를 보다 정확하게 처리하여 실측무게와의 오차를 줄

일 수 있었다. 그리고 4점을 이용하여 처리한 경우가 수동으로 처리한 경우보다 간내 혈관의 분포가 작았다. 포함되어 있는 혈관에 의한 오차는 작지만 체적을 계산하기 전에 혈관을 인식하여 제외시키는 처리도 오차의 범위를 줄일 수 있는 방법이다.

3. 처리 시간

4점을 이용하여 좌간과 우간을 분할하고 체적과 비율을 계산하는데 걸린 시간은 표 6과 같다. 처리한 전체 section 수에 대한 평균 ± 표준편차는 149.17장 ± 55.92 이고 처리 시간의 평균 ± 표준편차는 16.119sec ± 16.856 이다. 결국 Section 한 장당 처리 시간은 평균 0.108sec 이다.

표 6. 좌간과 우간을 분할하여 체적을 계산한 시간
Table 6. Timing involved in liver cut and volumetry of the left and right liver lobes.

Donors	No. of sections	처리 시간(sec)		
		평균 ± 표준편차	최소	최대
Donor1	210	32.8561±23.697	6.817	85.486
Donor2	195	23.1298±20.631	2.043	72.633
Donor3	179	25.1138±15.703	8.33	59.2
Donor4	65	5.5471±6.651	0.655	16.38
Donor5	177	16.3188±9.923	3.229	41.839
Donor6	161	9.9853±10.327	1.903	38.219
Donor7	207	24.1191±15.82	3.916	51.589
Donor8	51	1.6926±2.932	0.515	10.452
Donor9	58	1.7098±3.181	0.592	11.247
Donor10	160	17.3043±16.11	1.825	60.104
Donor11	186	22.4466±14.345	5.491	59.42
Donor12	141	13.2085±10.096	1.638	38.438

V. 결 론

CT 영상에서 수동이나 자동으로 계산된 체적들은 혈액을 완전히 제거하지 못한 상태이지만 실제 수술 중에 획득된 이식편의 무게는 혈액이 모두 제거된 상태이고 수술 중 의료진의 판단에 의해 예상했던 절제면이 달라질 수 있었기 때문에 실측무게와 CT 영상에서 계산된 체적 사이에는 오차가 있었다. 하지만 실측 무게와 비교해 보면 해부학적으로 좌간과 우간을 구분할 수 있는 4 점에 의해 절개된 좌우간의 예측 체적이 수동으로 처리된 예측 체적보다 편차의 범위가 작게 나타나 실측 무게에 가까운 결과를 보였다. 현 의료 영상 처리 시스템에서는 혈액의 흐름 순서에 따라 동맥기, 문맥기, 정맥기를 나누어 보아야 하는 경우도 있고 각 시기의 영상을 취득하는 시간차 때문에 수동으로는 영상에서 좌

간과 우간을 구분할 수 있는 기준혈관인 중간정맥과 문맥을 연결하기가 어렵기 때문이었다. 또한 본 연구는 간 전체 체적에 대한 이식편 체적을 비율로 확인하면서 간의 절제결과를 3D로 확인할 수 있어 실제 간 이식을 집도하는 의료진이 수술 전 수술에 필요한 여러가지 상태를 판단하여 수술 계획을 세울 수 있도록 도움이 될 수 있다.

본 연구에서 진행된 과정의 처리속도도 수술 중 처리할 수 있을 만큼 빠르기 때문에 현재 병원에서 사용 중인 시스템과 연동 가능해진다면 수술실에서 수술 중에 실시간으로 간의 체적을 예측해 볼 수 있어 의료영상 처리 시스템의 자동화 구축은 물론 의료진에게 도움이 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Broering DC, Sterneck M, Rogiers X, "Living donor liver transplantation," *J Hepatol*, Vol. 38(suppl 1), pp.S119-S135, 2003.
- [2] Cheng YF, Chen CL, Huang TL, et al., "Single imaging modality evaluation of living donors in liver transplantation: magnetic resonance imaging," *Transplantation*, Vol. 72, pp.1527-1533, 2001.
- [3] Schroeder T, Naldin S, Stattaus J, Debatin JF, Malago M, Ruehm SG, "Potential living liver donors: evaluation with an all-in-one protocol with multi-detector row CT," *Radiology*, Vol. 224, pp.586-591, 2002.
- [4] Fan ST, Lo CM, Liu CL, Yong BH, Chan JK, Ng IO, "Safety of donors in liver transplantation using right lobe grafts," *Arch Surg*, Vol. 135, pp.336-340, 2000.
- [5] Kiuchi T, Kasahara M, Uryuhara K, et al., "Impact of graft size mismatching on graft prognosis in liver transplantation from living donors," *Transplantation*, Vol. 67, pp.321-327, 1999.
- [6] Kawasaki S, Makuuchi M, Matsunami H, et al., "Living related liver transplantation in adults," *Ann Surg*, Vol. 227, pp.269-274, 1998.
- [7] Yoshiharu Nakayama, Qiang Li, Shigehiko Katsuragawa, et al., "Automated hepatic volumetry for living related liver transplantation at multisection CT," *Radiology*, Vol. 240, pp.743-748, 2006.
- [8] Kawasaki S, Makuuchi M, Matsunami H, et al., "Preoperative measurement of segmental liver

volume of donors for living related liver transplantation," *Hepatology*, Vol. 18, pp.1115-1120, 1993.

[9] Farjo LA, Williams DM, Bland PH, Francis IR, Meyer CR, "Determination of liver volume from CT scans using histogram cluster analysis," *J Comput Assist Tomogr*, Vol. 16, pp.674-683, 1992.

[10] Gao S, Heath DG, Kuszyk BS, Fishman EK, "Automatic liver segmentation technique for three-dimensional visualization of CT data," *Radiology*, Vol. 201, pp.359-364, 1996.

[11] Laurent Hermoye, Ismael Laamari-Azjal, Zhuhiang Cao, et al., "Liver Segmentation in living liver transplant donors: comparison of semiautomatic and manual methods," *Radiology*, Vol. 234, pp.171-178, 2005.

[12] Fulcher AS, Szucs RA, Bassignani MJ, Marcos A, "Right lobe living donor liver transplantation: preoperative evaluation of the donor with MR imaging," *AJR Am J Roentgenol*, Vol. 176, pp.1483-1491, 2001.

[13] Kamel IR, Kruskal JB, Pomfret EA, Keogan MT, Warmbrand G, Raptopoulos V, "Impact of multidetector CT on donor selection and surgical planning before living adult right lobe liver transplantation," *AJR Am J Roentgenol*, Vol. 176, pp.193-200, 2001.

[14] Michael J. Guiney, Jonathan B. Kruskal, Jacob Sosna, et al., "Multi-detector row CT of relevant vascular anatomy of the surgical plane in split-liver transplantation," *Radiology*, Vol. 229, pp.401-407, 2003.

[15] Tobias S, Arnold R, Hilmar K, et al., "Evaluation of living liver donors with an all-inclusive 3D multi-detector row CT protocol," *Radiology*, Vol. 238, pp.900-910, 2006.

[16] <http://dpi.radiology.uiowa.edu/nlm/app/livertoc/liver/8seg.html>

저 자 소 개



서 정 주(정회원)
1990년 충남대학교 계산통계학과
학사 졸업.
1993년 충남대학교 전산학과
석사 졸업.
2009년 현재 충남대학교 정보
통신공학과 박사과정.

<주관심분야 : 영상인식, 의료영상처리>



조 백 환(정회원)
1976년 전남대학교 의과대학
학사 졸업.
1985년 전북대학교 대학원
의학과 석사 졸업.
1988년 전남대학교 대학원
의학과 박사 졸업.

2009년 현재 전북대학교병원 간담췌질환 -
이식외과 교수.

<주관심분야 : Hepato-Pancreato-Biliary
Surgery, Surgical Oncology, Organ
Transplantation and Surgical Nutrition.>



박 종 원(정회원)
1979년 충남대학교 전자공학과
학사 졸업.
1981년 한국과학기술원 전산과
석사 졸업.
1991년 한국과학기술원 전산과
박사 졸업.

2009년 현재 충남대학교 정보통신공학과 교수.

<주관심분야 : 영상처리, 병렬 컴퓨터 구조, 의학
영상처리>