

# SPECT 를 이용한 간용적의 측정

연세대학교 의과대학 방사선과학교실

유형식·이종태·박창윤

연세대학교 공과대학 전기공학과 의용전산연구실

우광방·백남철·신동호·주기환

= Abstract =

## Measurement of Liver Volume by Emission Computed Tomography

H.S. Yoo M.D., J.T. Lee, M.D., C.Y. Park, M.D.,

*Department of Radiology and Nuclear Medicine  
College of Medicine, Yonsei University*

K.B. Woo, Ph.D. N.C. Paik, M.S., D.H. Shin, M.S., K.W. Joo, B.S.,

*Computer Systems, Laboratory Department of Electrical Engineering, Yonsei University*

In 16 volunteers without clinical or laboratory evidence of liver disease, liver volume was determined using single-photon emission computed tomography (ECT). This technique provided excellent object contrast between the liver and its surroundings and permitted calculation of liver volume without geometric assumptions about the liver's configuration. Reproducibility of results was satisfactory, with a root-mean-square error of less than 2% between duplicate measurements in 16 individuals. The volume measurements were validated by the use of phantoms.

### I. 서론

간용적의 정확한 측정은 간질환의 진단 및 환자의 예후를 판정함에 중요한 요건중의 하나이다.

현재까지 임상에서 이용되어온 간용적의 측정은 단순 X선 복부사진 또는 rectilinear scanner에 의한 측정 방법들이 시도되어 왔으며 최근에는 동위원소를 이용한 감마 카메라 주사상 및 초음파 촬영 또는 전산화단층촬영에 의한 간용적의 측정법들이 보고되고 있다.

본 연구에서는 방사성 동위원소를 이용한 ECT (Emission Computed Tomography)로써 정상인에서의 간용적을 측정하고 간용적과 간의 수직거리, 신장, 체중 및 체표면적과의 상관관계를 알아보려고 한다.

### II. 대상 및 연구방법

#### 1) 대상

1982년 11월 1일부터 1983년 1월 31일까지 세브란스 병원 암센터의 외래환자중 간질환의 병력이 없고 이학적소견 및 간기능검사상 이상소견이 없는 남자 9명, 여자 7명, 계 16명을 측정 대상으로 하였다.

#### 2) 방법

ECT 장치는 CGR사의 Gammatome 3400 T형을 사용하였으며 data process는 Imac 7300 series computer를 이용하였다.

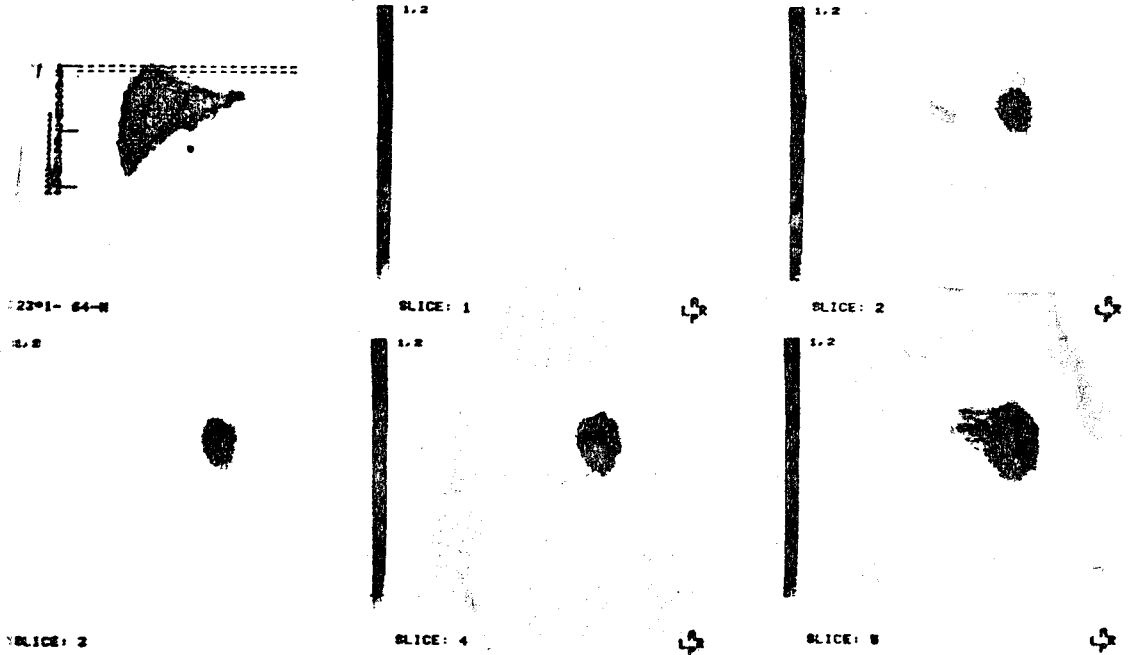


Fig. 1. Example of Tomographic Images of Liver from a normal volunteer.

피 측정자는 촬영시작 20~30분전에 5 mCi의  $Tc^{99m}$ -phytate를 정맥주사한 후 Table위에 양외위로 눕힌 다음 Gamma camera head를 360°회전시켜 간의 영상을 computer에 수록하였다.

Computer 수록시 matrix size는 64×64×8로 하였고 Frame 수는 360°회전하는 동안 64로 하였다.

영상재구성은 Filtered back projection법에 의하여 Fig. 1과 같이 얻어졌고 각 횡단면의 두께는 7.26 mm로 하였고 횡단면수는 대개 18~28로 하였다.

또한 측정의 정확성을 검토하기 위하여 간모양의 플라스틱 모형울 제작하여 생리식염수에 5 mCi의  $Tc^{99m}$ -phytate를 희석하여 주입한 후 상기한 방법으로 모형 간의 용적을 구하였다.

Tomographic slices는 Edge detection program에 의해 주변방사능과 선명히 구분시켜 투명한 필름에 나타낸 후, 이를 반투명 모눈종이에 옮겨 축소 scale를 역산하여 개개의 단면적을 계산하였고 이들 단면적은 아래와 같은 Simpson's Rule를 적용시켜 간용적을 구하였다.

(Simpson's Rule)

$$V = (h/3) (A_0 + 4A_1 + 2A_2 + \dots + 2A_{N-2} + 4A_{N-1} + A_N) - (h^5/90) A^{(4)}$$

(where,  $(h^5/90)A^{(4)}$ : Error estimate, V: volume, h: slice interval,  $A_j$ : J-th area,  $A^{(4)}$ : fourth deri-

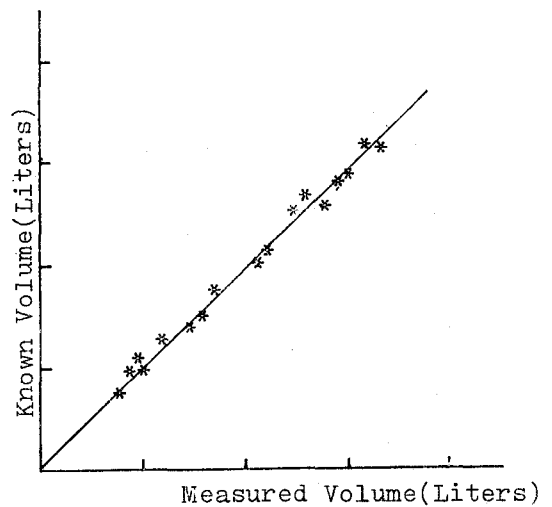


Fig. 2. Relationship between Measured and Known Volumes of Phantoms. The Regression Eq. is  $Y = 0.987X + 0.015$ , where Y is measured volume in liters. Coefficient of correlation,  $r = 0.952$ .

vation of the set of areas)

위와같이 간모형을 이용한 간용적의 측정을 한 후 실제 인체에서의 간용적을 상기한 방법으로 측정하였고

Table 1. Duplicate Liver-Volume Measurements in 16 Normal Volunteers\*

Patient No.	First Measurement(Liter)	Second Measurement(Liter)	Mean(Liter)	% Difference $100 \frac{(2)-(1)}{(1)}$
1.	1.685	1.642	1.650	-0.92
2.	1.570	1.590	1.580	1.27
3.	1.514	1.530	1.522	-2.55
4.	1.467	1.453	1.460	-0.95
5.	1.413	1.393	1.403	-1.42
6.	1.398	1.388	1.393	-0.72
7.	1.373	1.389	1.381	1.17
8.	1.356	1.370	1.363	1.03
9.	1.318	1.330	1.324	0.91
10.	1.243	1.235	1.239	-0.64
11.	1.223	1.237	1.230	1.14
12.	1.178	1.202	1.190	2.04
13.	1.157	1.133	1.145	-2.07
14.	1.033	1.052	1.043	1.84
15.	1.036	1.020	1.028	-1.54
16.	0.927	0.953	0.940	2.80

\* Second measurement (Y) was related to first (X) by  $Y=0.98 X+0.95$ . Root-mean-square difference was 2%.

간용적과 피측정자의 신장, 체중, 체표면적 및 간의 수직거리 사이의 상관관계를 구하여 보았다.

간의 수직거리는 간의 우측연과 검양돌기와의 중간 지점에서 부터 상하로 내린 거리로 하였다.

### III. 결 과

#### 1) 모형에 의한 모형 측정의 정확성 검토

간 모형에 의한 ECT 측정치와 모형 내용물의 측정치와의 상관관계는 Fig. 2와 같다.

즉 두값사이의 Root-mean-square error는 8.4%, correlation coefficient (r)은 0.952로 매우 양호하였다. 그리고, regression equation은  $Y=0.987 X+0.015$ 였다.

#### 2) 측정자 사이의 오차

모형을 이용한 측정의 정확성 검토 결과를 토대로, 실제 지원자에 대한 간용적의 반복측정 결과는 Table 1, 그리고 상관관계는 Fig. 3과 같다.

1차 및 2차 측정치 사이의 root-mean-square error는 1.6%, correlation coefficient, r은 0.926, regression equation은  $Y=0.98 X+0.95$ 이므로 측정자 사이의 오차는 거의 없다고 볼 수 있다.

#### 3) 간용적의 측정 결과 및 신체조건과의 관계

- ① 실제 지원자의 간용적 측정결과
- ② 간용적과 신장 사이의 상관관계
- ③ 간용적과 몸무게 사이의 상관관계

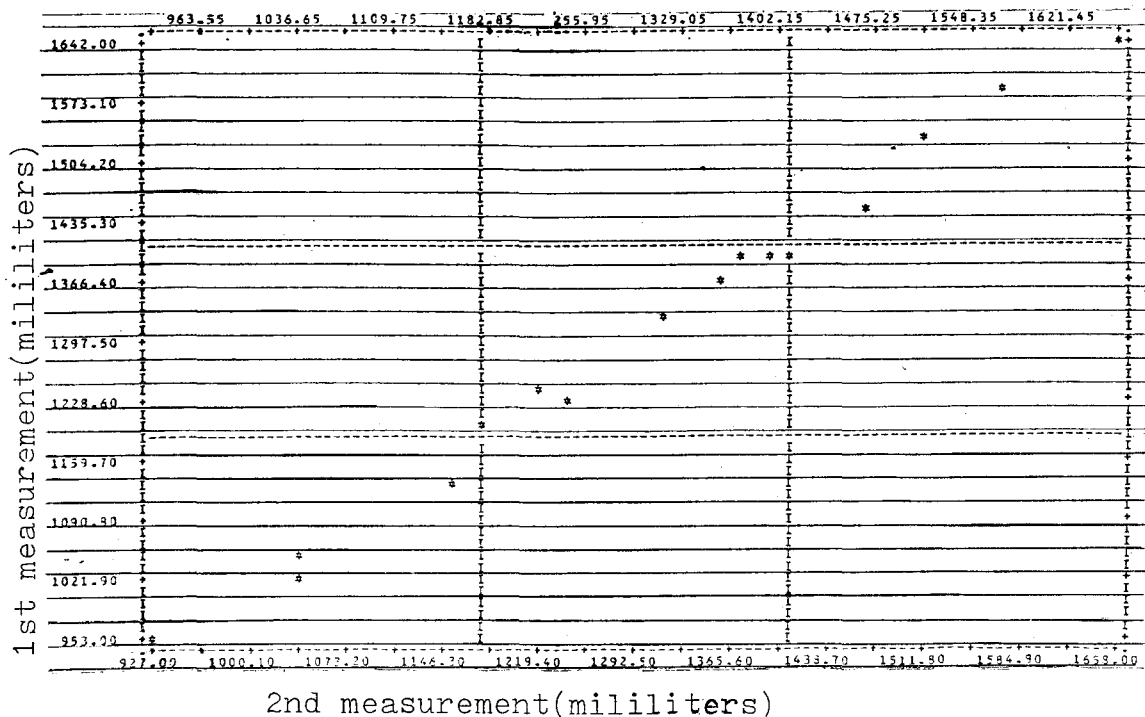


Fig. 3. Relationship between 1st measurement and 2nd measurement.

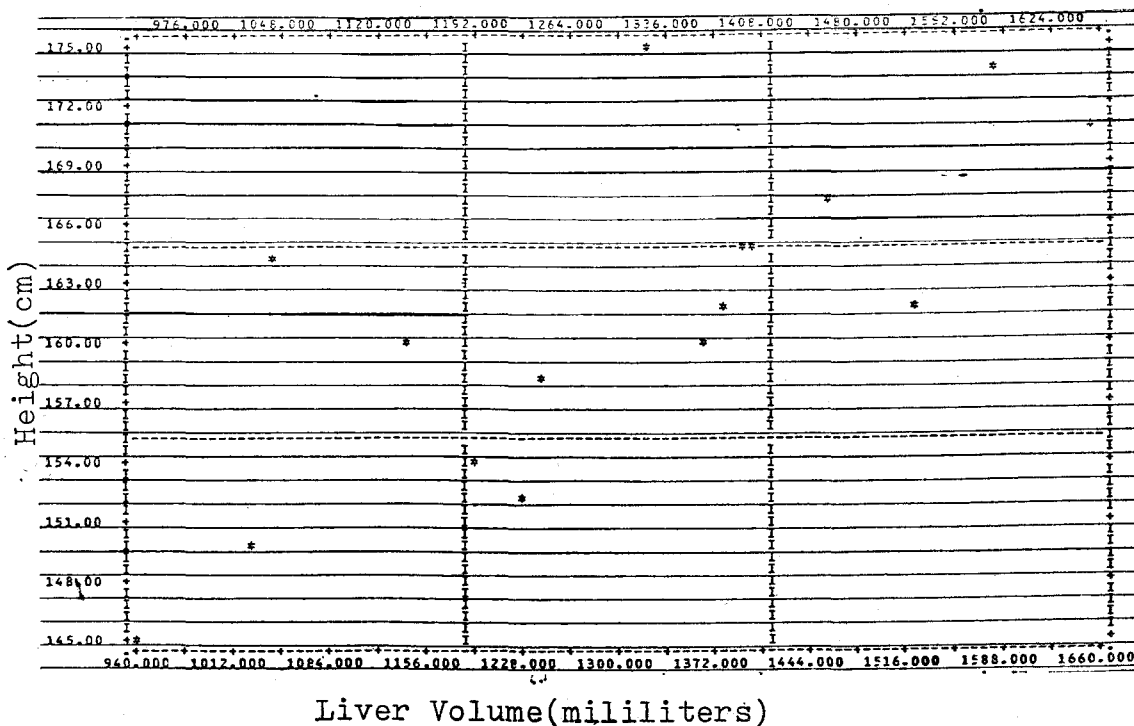


Fig. 4. Relationship between Liver Volume and Height. Correlation Coefficient,  $r=0.74685$ . Regression eq. is  $Y=0.31 X+121$ .

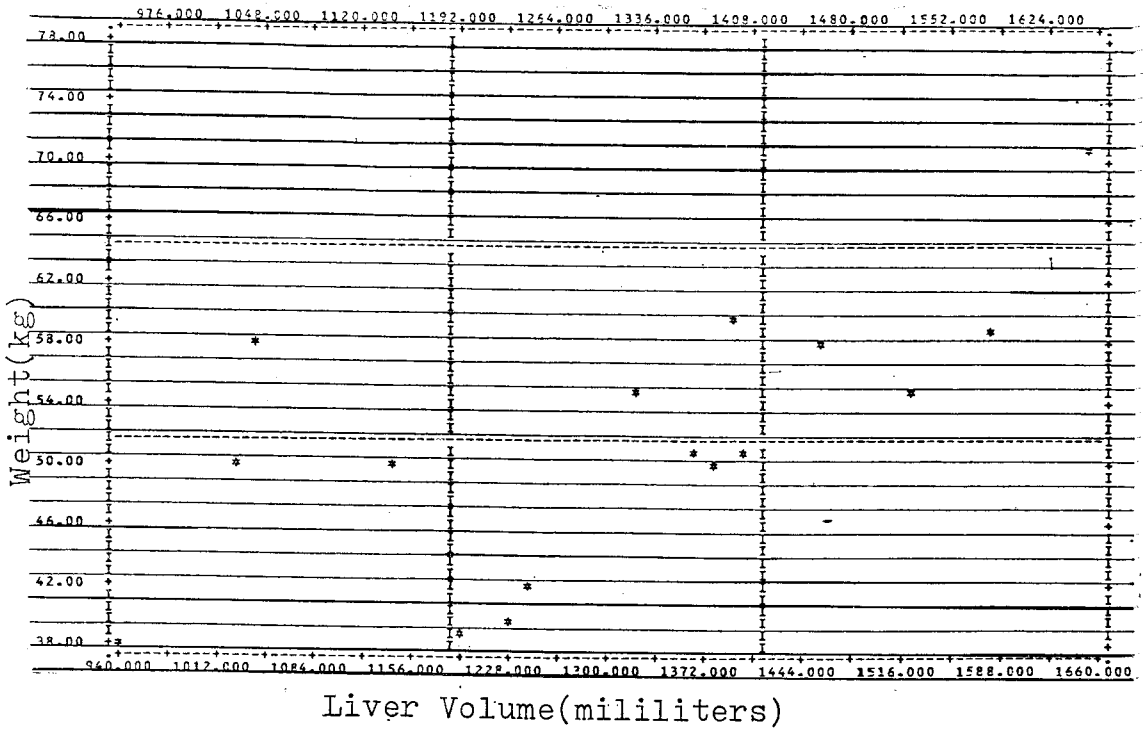


Fig. 5. Relationship between Liver Volume and Weight. Correlation Coefficient,  $r=0.66312$ . Regression eq. is  $Y=0.029 X+13.84$ .

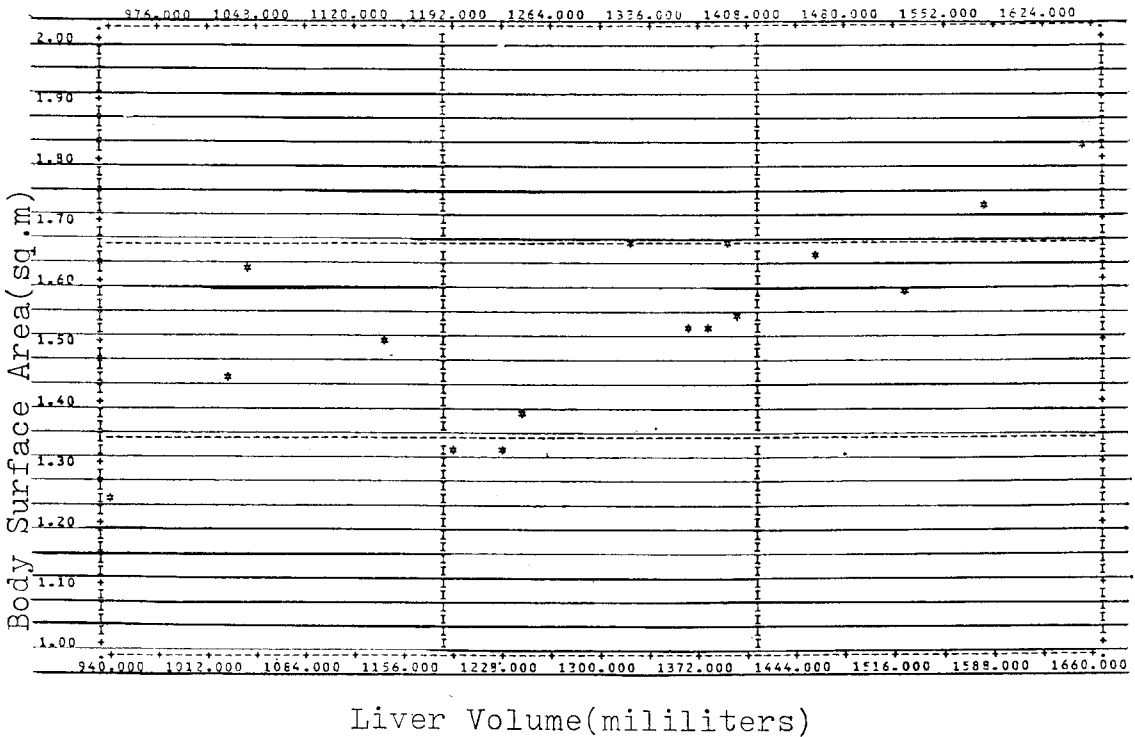


Fig. 6. Relationship between Liver Volume and Body Surface. Correlation Coefficient,  $r=0.72318$ . Regression eq. is  $Y=0.0057 X+0.78$ .

Table 2. Liver Volumes For 16 Normal Volunteers

Patient No.	Sex	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Computed body surface* (sq. m)	Liver vol (liters)	Ratio of Liver vol to body area (l/sq. m)	Ratio of Body wt. to liver vol. (kg/l)	Vertical height of liver* (cm)
1.	M	57	171	71	1.828	1.650	0.903	40.03	14.2
2.	M	30	174	59	1.712	1.580	0.923	37.34	13.5
3.	F	38	162	55	1.577	1.522	0.965	36.14	12.5
4.	M	55	167	58	1.649	1.460	0.885	39.72	13.0
5.	F	40	165	51	1.549	1.403	0.906	36.35	11.5
6.	M	51	165	60	1.659	1.393	0.840	40.07	12.5
7.	M	54	162	50	1.515	1.381	0.912	36.20	11.2
8.	M	45	160	51	1.514	1.363	0.900	37.42	10.8
9.	M	58	175	55	1.668	1.324	0.794	41.54	12.0
10.	F	55	158	42	1.381	1.239	0.897	33.87	11.0
11.	F	60	152	40	1.316	1.230	0.935	32.52	10.6
12.	F	44	154	39	1.316	1.190	0.904	32.77	10.4
13.	M	58	160	50	1.501	1.145	0.763	43.67	10.8
14.	M	41	164	58	1.628	1.043	0.641	55.60	11.1
15.	F	43	150	50	1.433	1.028	0.717	48.63	10.5
16.	F	39	145	38	1.244	0.940	0.766	40.42	10.0
Mean			162	52	1.530	1.306			11.6
Std. Dev.			8.4	8.9	0.162	0.203			1.2
Median			162	51	1.515	1.329			11.2

\* Body surface area was calculated from body height and weight by formula of DuBois and DuBois  
 Body surface = weight × height × 0.007184  
 (sg. m) (kg) (cm)

\* Midway between xiphoid and right lateral border

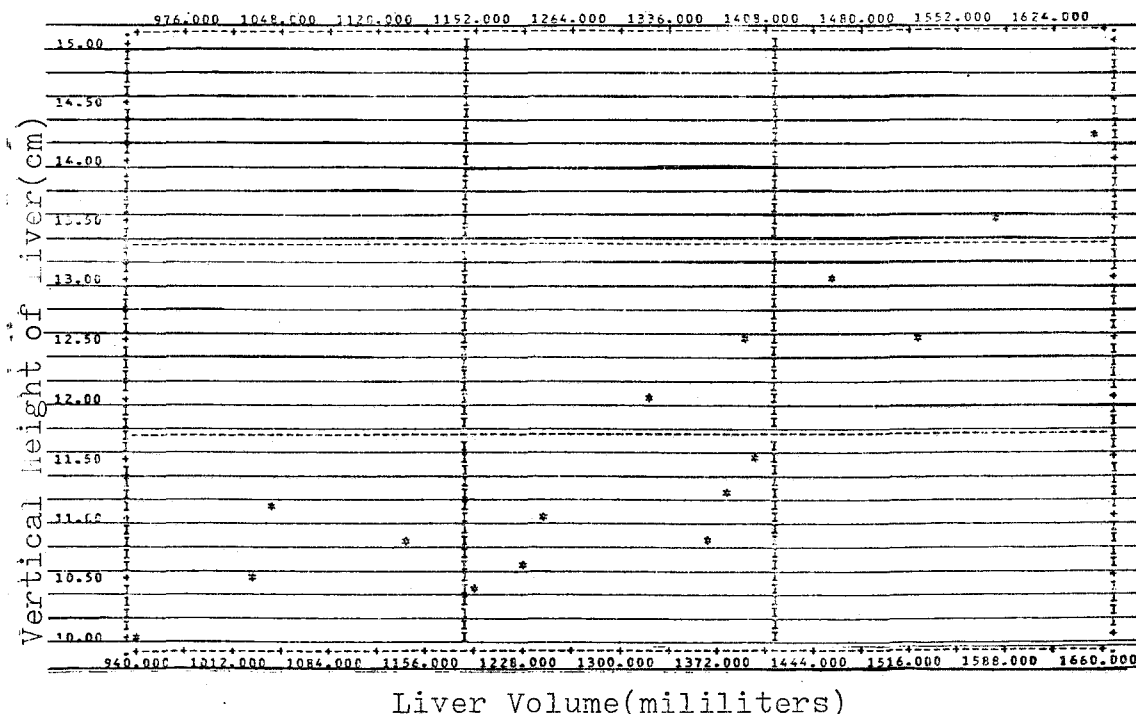


Fig. 7. Relationship Between Liver Volume and Vertical Height. Correlation Coefficient,  $r=0.86761$ .  
 Regression eq. is  $Y=0.06521 X+4.7955$ .

- ④ 간용적과 체표면적 사이의 상관관계
- ⑤ 간용적과 간의 수직거리 사이의 상관관계

#### IV. 고 안

간의 크기를 측정하기 위한 방사선학적 검사방법으로는 1965년 Walk<sup>(1)</sup>등이 단순 복부 X선사진을 이용하여 보고한 이래 Spencer<sup>(2)</sup>, Frank<sup>(3)</sup>등에 의하여 방사성 동위원소를 이용한 간 용적을 측정하여 보고하였고 최근 computer가 부착된 Emission computed tomography를 이용한 간용적의 측정을 보고하고 있다<sup>(4,5)</sup>.

또한 최근 발달된 초음파 단층촬영술 및 전산화 단층촬영술에 의한 간용적 측정에 대한 보고가 많아지고 있다<sup>(6,7,8,9,10)</sup>.

한국인에 있어서의 간용적에 대한 보고는 양<sup>(11)</sup>등이 단순복부 X선사진상에서의 간의 크기 평가와 김<sup>(12)</sup>이 초음파촬영술을 이용한 간용적의 측정에 대한 보고가 있으나 아직 ECT 또는 전산화 단층촬영술에 의한 간용적의 측정 보고는 없었다.

저자들은 간주사 시행시 ECT를 이용하여 얻어진 영상을 재구성하여 Simpson's rule에 의한 간용적을 측정 한바 개개의 연령, 체중, 신장 및 체표면적과의 차이는 있으나 대개 1306 ml의 용적을 나타내어 주고 있다.

이는 김이 초음파 단층촬영술에 의한 정상인에서의 1499 ml의 보고보다는 좀 낮은 편이었으나 Rössel등이 보고한 체중과 간중량과의 관계에서 간의 비중이 1.04 g/ml이고 국내에서 노동이 발표한 256예의 부검예에서의 한국인 정상성인의 간중량을 1323 gm으로 보고한 수치와 비슷한 결과를 보여주고 있다.

앞으로 전산화 단층촬영술에 의한 간용적의 측정술 비교 검토하는 것도 의의있는 일이라 하겠다.

정상기능의 간을 가진 지원자의 간용적 측정에 대한 본 연구의 결과는 문헌상의 간용적과 상호관계가 매우 좋은 편이었다. 또한 Fig. 2에 나타난 것처럼 모형제작에 의한 측정의 정확성 검토 결과는 측정에 사용된 ECT System이 다른 System보다 높은 사물대조기능(object contrast)과 공간 선명도(spatial resolution)를 가지며, 간의 다양한 기하학적 형태에도 영향을 받지 않는다는 사실을 나타내고 있다. 그리고 Fig. 3의 측정자 간의 오차에 대한 결과로부터 피측정자의 위치 변동이 간용적 측정결과에는 영향을 거의 미치지 않는다는 사실을 알 수 있으며, Fig. 4~7과 같이 간용적

과 신체조건과의 비교에 있어서는 이전의 Deland와 North<sup>(13)</sup>의 연구결과와는 상이하게 간용적과의 상관도가 간의 수직거리( $r=0.86761$ ), 신장( $r=0.74685$ ), 체표면적( $r=0.72318$ ), 몸무게( $r=0.66312$ )순으로 나타나고 있다.

특히 본 연구를 통해서 얻은 경험은 ECT를 이용한 간용적 측정에 있어서 가장 중요한 요소는 목표물에 대한 Camera의 정확한 위치선정과 Tomographic slice image에 대한 정확한 윤곽결정(Edge detection)이 수행되어져야 한다는 것이며, 이는 측정에 사용되어지는 System의 contrast resolution과 Spatial resolution에 의해 영향을 받는다고 볼 수 있다.

#### V. 결 론

정상인에서의 Emission computed tomography를 이용한 간용적의 측정결과는 다음과 같았다.

1. 남자의 평균 간용적은 1371 ml였고, 여자의 평균 간용적은 1222 ml였으며 남녀 평균 간용적은 1306 ml였다.
2. 간용적과 신체조건과의 상관도는 간의 수직거리( $r=0.8676$ ), 신장( $r=0.7468$ ), 체표면적( $r=0.7231$ ), 체중( $r=0.6631$ )의 순이었다.

#### REFERENCES

- 1) Walk, L: *Roentgenologic Determination of Liver Volume. Acta Radiologica*, 55:49, 1965.
- 2) Spencer, R.P.: *Quantitative radioisotope approaches to hepatic size and function. Am. J. Digestive Dis.*, 12:515, 1965.
- 3) Frank D. Rollo, Frank H. Deland: *The determination of liver mass from radionuclide images. Radiology*, 91:1195-1198, 1968.
- 4) Michael K. Kan, G. Bruce Hopkins: *Measurement of liver volume by Emission computed Tomography. J. Nucl. Med.*, 20:514-520, 1979.
- 5) Murphy P, Burdine J, Moore, M: *Single photon emission computed tomography (ECT) of the body. J. Nucl. Med*, 683, 1978.
- 6) Carr, D., Duncan, J. G.: *Liver volume determination by ultrasound: a feasibility study, Brit J. Radiology*, 49:776-778, 1976.

- 7) Kardel, T., Holm, H.H., Ramussen S.N.: *Ultrasonic determination of liver and spleen volumes*, *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 27:123-128, 1971.
- 8) Dean E. Brenner, Nancy O. Whitley, Theodore L. Houk, Joseph Aisner, Peter Wiernik, Joseph Whitey: *Volume determinations in Computed Tomography*. *J.A.M.A.*, 247:1299-1302: 1982.
- 9) Albert A. Moss, Michael Friedman, Antonio C. Brito C. Brito: *A Determination of liver, kidney, and spleen volumes by Computed Tomography*. *Journal of Computer Assisted Tomography*. 5(1):12-14, 1981.
- 10) Steven B. Heymsfield, Timothy Fulenwieder, Bernard Nordlinger, Richard Barlow, Pter Sones, Michael Kutner: *Accurate Measurement of liver, kidney and spleen volume and mass by Computerized Axial Tomography*. *Annals of Internal Medicine*, 90:185-187, 1979.
- 11) Kwon Yang, et al.: *A New Roentgenographic Method of liver size estimation on simple abdomen*. *The Journal of the Korean Radiological Society Vol. 14, No. 1, 1983*.
- 12) Kun-Sang Kim: *Liver Volume Determination by Ultrasound: The Journal of The Korean Radiological Society, Vol. 17, No. 1, 1981*.
- 13) Deland, F.H., North, W.A.: *Relationship between liver size and body size*. *Radiology*, 91:1195-1198, 1968.