

간 용적의 가상측정을 통한 두 성인 수여자로의 사체 분할 간이식의 가능성 고찰

고려대학교 의과대학 구로병원 외과

김 영 수 · 홍 부 환 · 최 상 용

In Situ Split Liver Transplantation for Two Adult Recipients — Possibility investigation by virtual measurement of liver volume —

Young Soo Kim, M.D., Bu Hwan Hong, M.D. and Sang Yong Choi, M.D.

Purpose: In the last three decades liver transplantation (LT) has been established as a standard procedure for end-stage liver disease. However, the shortage of donor livers is the most significant factor inhibiting further application of clinical liver transplantation. In Korea, where B-hepatitis is endemic, most patients waiting for LT are adult with B-hepatitis associated end stage liver disease. Safe, in situ splitting of a cadaver donor liver for two separate adult recipients would be an attractive way to decrease the deaths of adult patients while waiting for organs. Split grafts weighing more than 1% of the recipient's body weight (Graft to Recipient Weight Ratio, GRWR > 1%) should be transplanted in order to adequately meet postoperative metabolic needs. We investigated whether one cadaver liver can be split into two so that each graft has a GRWR > 1%.

Methods: Between January 1999 and December 1999 at Guro medical center, we selected 47 patients diagnosed as early gastric cancer (EGC) or early stage colon cancer and reviewed their pre-operative abdominal CT films for use in our study. Pictures of CT films were taken with a digital camera and converted to TIF files in order to calculate the standard liver volumes which were then divided by the plane that represented two operative methods proposed in this study. First, we performed a Rt. lobectomy along the right side of the middle hepatic vein to increase the function of segment IV by preventing venous congestion. Second, we performed a Lt. lobectomy with hepatic IVC to save the volume of the caudate lobe (segment I).

Results: The body index of the 47 cases was distributed from -10% to 20%. The standard whole liver volume was 1266 ± 299 ml (Mean \pm SD). Rt. lobe volume was 751 ± 188 ml, and Lt. lobe volume was 515 ± 154 ml. Each result was no less than 1% of 75 kg and 50 kg adult's body weight. **Conclusion:** On average, the GRWR of the Rt. lobe is more than 1% in a 75 kg adult by itself and that of the Lt. lobe can also be above 1% in a 50 kg adult by maximizing the function of segments I and IV using the surgical techniques mentioned above. Therefore, we would be able to successfully split a cadaver donor liver to a 75 kg and a 50 kg adult recipient, respectively. (*J Korean Surg Soc* 2002;62: 112-118)

Key Words: End-stage liver disease, Split liver transplantation, Liver volume

중심 단어: 말기 간 질환, 분할 간 이식, 간 용적

Department of Surgery, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea

서 론

1963년 Tomas Starzl(1)이 동소성 간이식에 처음 성공한 이래로 간이식은 말기 간 질환에 대한 표준 치료법으로 자리잡아 왔으나 만성적인 공여자 부족이 현실적인 문제점으로 지적되어 왔다. 이를 해결하기 위한 노력의 일환으로 1988년 Pichlmayr(2)가 처음으로 사체 분할 간이식(Split Liver Transplantation, SLT)을 제안하여 한 명의 공여자로부터 한 명의 성인과 한 명의 소아에게 간이식을 가능하게 하였고, 1989년에는 Strong 등(3)이 수여자 어머니의 간을 사용하는 생체 부분 간이식(Living Related Liver Transplantation, LRLT)에 성공한 최초의 간이식 성공 이래 30여년 동안 간이식술 분야에서 많은 발전이 거듭되었다. 이런 새로운 수술법들은 면역 억제제의 발전 및 수술전후의 환자관리 개선에 힘입어 수술 후 이식 성공률 면에서도 과거의 수술법에 비해 손색이 없는 것으로 나타나,(4-6) 공여자 부족 현상에 대한 매력적인 대안이 되고 있다. 사체 분할 간이

책임저자 : 김영수, 서울시 구로구 구로동 80
☎ 152-705, 고려대학교 의과대학 구로병원 외과
Tel: 02-818-6046, Fax: 02-859-6046
E-mail: yoosin1999@naver.com

접수일 : 2001년 5월 30일, 게재승인일 : 2002년 1월 23일

식은 실행 초기부터 공여자의 간을 둘로 나누어 좌측간은 소아에게, 우측간은 성인에게 이식하는 것이 일반화되었고, 최근에는 수술성적이 더 우수한 체내(in situ)분할법이 체외(ex vivo, back table)분할법보다 선호되고 있다.(7-9)

소아 이식 간 부족이 문제되는 외국(10)과는 다르게 국내에서는 성인 이식 간 부족이 더 문제이다. 저자들은 이 점에 주목하여 만약 뇌사자의 체내(in situ)에서 분할된 간을 성인과 소아 대신 각각 두 명의 성인에게 이식할 수 있다면 문제 해결에 한 걸음 더 나아갈 수 있을 것이라고 생각되어 그 가능성을 연구해 보고자 하였다.

본 연구에서는 다이내믹 컴퓨터 단층촬영 필름을 이용한 컴퓨터상의 가상 구성을 통하여 기존의 사체 분할 간이식술에서처럼 간 좌엽 절제술을 먼저 하는 대신 1994년 Yamaoka 등(11)이 처음 성공한 간 우엽을 사용한 성인 대 성인 생체 부분 간 이식술(Adult to Adult living related liver transplantation)에서와 같이 간 우엽(segment V, VI, VII, VIII) 절제술을 먼저 시행하고, 그 후 중간 간정맥과 대정맥을 포함하는 좌엽(segment I, II, III, IV) 절제술을 시행했을 때 얻는 두 개의 간의 용적을 컴퓨터 프로그램을 통해 구하여 이를 각각 두 명의 성인 수여자에게로 이식이 가능한지에 대해 연구하였다.

방 법

1) 대상

1999년 1월부터 1999년 12월까지 1년 동안 고려대학교 부속 구로 병원에서 조기 위암 또는 초기 대장암으로 수술 받은 환자 중 수술 전 복부 다이내믹 컴퓨터 단층 촬영을 시행하였고, 알려진 간 질환이 없으며, 그리고 수술 소견상 간의 육안적 이상이 없는 20세 이상 성인 47명(남자 32명, 여자 15명)을 연구 대상으로 선정하였다. 복강 내 장기의

면적은 체표면적과 비례한다고 보고, 대상군 선정 시 저체중이나 과도한 비만에 의한 영향을 배제하기 위하여 신체지수(Broca's body index*)를 적용하여 -10%에서 20% 사이의 해당자만 포함시켰다(Table 1).

*Broca's body Index (%) = Real body Wt. (kg) ÷ Ideal body Wt. (kg) × 100 - 100
 정상범위: -10~+10%
 경미한 비만: 10~20%
 Ideal body weight (kg) = [Height (cm) - 100] × 0.9

2) 방법

대상군의 간 용적 측정은 후향적 방법으로 수술 전 촬영한 복부 컴퓨터 단층촬영 필름을 이용하였다. 1 cm 간격으로 간의 최상부에서 최하부까지 연속으로 촬영된 컴퓨터 단층촬영 필름의 각 절편을 디지털 카메라(Nikon Coolpix 950, Japan)로 촬영하여 미국 NIH에서 개발한 영상 분석 프로그램인 Image PC (release alpha 9, Scion corporation, U.S.A)를 사용하여 각 절편상의 간 면적을 구하여 절편두께(촬영 간격, 1 cm)를 곱한 뒤 이 값을 합산하여 간 용적을 구하였다.

Table 1. Characteristics of cases (n=47)

Variable	Mean ± SD (Minimum ~ Maximum)
Gender (male/female)	32/15
Age (year)	56 ± 11 (32 ~ 79)
Weight (kg)	59.4 ± 10.5 (43.0 ~ 84.2)
Height (cm)	162.9 ± 9.0 (144.0 ~ 178.5)
Body index (%)	5.4 ± 5.0 (-10 ~ +20)

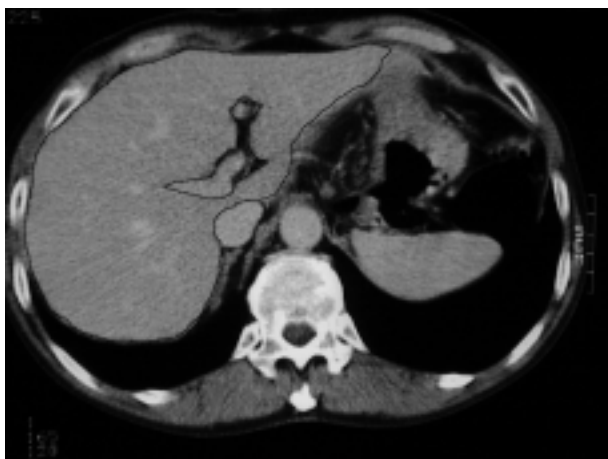


Fig. 1. TIF picture file conversion from CT flim-liver area (line drawing).



Fig. 2. Liver, Rt. lobe (dark portion)-divided by virtual line.

Table 2. Analytic results of each case

Case	Sex	Age	Wt.	Liver vol. (ml)	Rt. Lobe	Lt. lobe	Lt. lat seg.	Rt./Lt. GRWR (%)
1	F	48	69	1481.35	919.83	561.52	100.5	1.33/0.81
2	F	42	53	1061.37	670.08	391.29	148.65	1.26/0.74
3	F	45	50	980.2	624.59	355.61	90.5	1.25/0.71
4	F	32	46	906.64	638.2	268.44	74.66	1.39/0.58
5	F	48	53	1057.43	687.41	370.02	109.86	1.30/0.70
6	F	76	43	1259.24	547.44	711.8	340.94	1.27/1.66
7	F	69	70	2023.19	1089.31	933.88	338.2	1.56/1.33
8	F	55	59	980.64	657.97	322.67	122.26	1.12/0.55
9	F	67	57	1239.7	674.93	564.77	174.64	1.18/0.99
10	F	72	43	751.8	406.48	345.32	118.7	0.95/0.80
11	F	56	54	1324.77	784.2	540.57	167.07	1.45/1.00
12	F	62	44	1116.84	750.4	366.44	52.31	1.71/0.83
13	F	38	47	961.77	507.3	454.47	133.28	1.08/0.97
14	F	64	43	984.48	477.96	506.52	166.55	1.11/1.18
15	F	48	48	999.04	510.55	488.49	164.34	1.06/1.02
16	M	68	47.4	794.73	410.47	384.26	186.45	0.87/0.81
17	M	43	63	1647.79	819.81	827.98	274.17	1.30/1.31
18	M	74	73	1130.12	600.61	529.51	154.55	0.82/0.73
19	M	70	58	1050.42	728.62	321.8	143.8	1.26/0.55
20	M	47	75	1643.83	971.3	663.53	205.74	1.30/0.88
21	M	62	66	1444.08	985.06	459.02	136.88	1.49/0.70
22	M	41	83	1425.94	767.23	658.71	176.16	0.92/0.79
23	M	66	73	1321.05	911.53	409.52	107.34	1.25/0.56
24	M	36	84	1620.16	1103.61	516.55	88.37	1.31/0.61
25	M	64	56	1421.45	679.78	741.67	115.33	1.21/1.32
26	M	57	68	1595.22	1002.81	592.41	64.76	1.47/0.87
27	M	56	68	1429.38	808.03	621.35	195.26	1.19/0.91
28	M	65	60	1148.73	681.15	467.58	157.5	1.14/0.78
29	M	71	60	1781.02	1005.39	775.63	281.59	1.68/1.29
30	M	50	68	1432.32	1024.03	408.29	105.25	1.51/0.60
31	M	61	51	932.82	543.07	389.75	114.93	1.06/0.76
32	M	59	56.5	903.8	613.33	290.47	79.12	1.09/0.51
33	M	61	65	1524.67	924.4	600.27	123.15	1.42/0.92
34	M	49	60	1306.94	898.46	408.48	148.66	1.50/0.68
35	M	40	59	988.59	630.37	358.22	108.13	1.07/0.61
36	M	65	60	1295.89	815.53	480.36	127.81	1.36/0.80
37	M	62	52	1186.59	689.81	496.78	164.61	1.33/0.96
38	M	47	66	1279.55	751.69	527.86	142.66	1.14/0.80
39	M	55	59	1149.26	660.71	488.52	143.66	1.12/0.83
40	M	60	54	1023.27	563.3	459.97	137.7	1.04/0.85
41	M	44	80	2030.81	1174.13	856.68	254.3	1.47/1.07
42	M	79	48	1117.09	650.59	466.4	140.99	1.36/0.97
43	M	64	59	1165.93	646.09	519.84	168.64	1.10/0.88
44	M	57	61	1299.05	760.81	538.24	163.88	1.25/0.88
45	M	54	69	1301.89	818.01	483.88	92.38	1.19/0.70
46	M	45	67	1783.9	1013.88	770.02	196.99	1.51/1.15
47	M	60	65	1201.07	717.17	483.9	44.31	1.10/0.74

Table 3. Results of Urata's formula

Case	Sex	Age	Ht. (cm)	Wt. (kg)	BSA (m2)	Liver volume (ml)
1	F	48	165	69	1.78	1258.27
2	F	42	169	53	1.58	1116.33
3	F	45	145	50	1.42	1004.58
4	F	32	155	46	1.41	996.25
5	F	48	150	53	1.49	1051.85
6	F	76	155	43	1.36	963.3
7	F	69	168	70	1.81	1280.6
8	F	55	163	59	1.63	1156.64
9	F	67	159	57	1.59	1122.9
10	F	72	150	43	1.34	947.67
11	F	56	153	54	1.51	1072.24
12	F	62	144	44	1.33	939.28
13	F	38	149	47	1.39	987.36
14	F	64	148	43	1.33	941.35
15	F	48	146	48	1.4	987.71
16	M	68	155	47.4	1.43	1011.26
17	M	43	178	63	1.76	1248.8
18	M	74	174	73	1.88	1328.92
19	M	70	164.5	58	1.63	1152.07
20	M	47	174	75	1.8	1346.96
21	M	62	169	66	1.76	1245.46
22	M	41	178	83	2.03	1433.02
23	M	66	165	73	1.83	1294.15
24	M	36	175	84	2.02	1429.44
25	M	64	160	56	1.58	1116.52
26	M	57	170	68	1.79	1267.88
27	M	56	167	68	1.78	1256.66
28	M	65	165	60	1.66	1173.5
29	M	71	166	60	1.66	1177.04
30	M	50	170	68	1.79	1267.88
31	M	61	160	51	1.51	1065.62
32	M	59	167	56.5	1.62	1145.7
33	M	61	170	65	1.75	1239.65
34	M	49	168	60	1.67	1184.1
35	M	40	160	59	1.62	1145.97
36	M	65	165	60	1.66	1173.5
37	M	62	157	52	1.51	1065.88
38	M	47	172	66	1.78	1256.44
39	M	55	159	59	1.61	1142.39
40	M	60	167	54	1.58	1120.12
41	M	44	177	80	1.98	1402.98
42	M	79	160	48	1.46	1033.87
43	M	64	168	59	1.66	1174.21
44	M	57	170	61	1.7	1174.21
45	M	54	163	69	1.77	1250.63
46	M	45	165	67	1.75	1239.93
47	M	60	170	65	1.75	1239.65

Table 4. Liver volume (Mean±SD, Minimum~Maximum)

	Total (n=47)	Male (n=32)	Female (n=15)
Total liver volume (ml)	1266±299 (751.8~2030.8)	1324±283 (794.7~2030.8)	1142±305 (751.8~2023.2)
Rt. lobe volume (ml)	751±188 (406.5~1174.1)	793±181 (410.5~1174.1)	663±176 (406.5~1089.3)
Lt. lobe volume (ml)	514±154 (268.4~933.9)	531±145 (290.5~856.7)	479±172 (268.4~933.9)
Lateral segment volume (ml)	150±65 (44.3~340.9)	148±55 (44.3~281.6)	154±84 (52.3~340.9)

다(Fig. 1). 이 방법은 통상적인 병원 컴퓨터 단층촬영기에 내장된 volumetry 결과와 3~5% 미만의 오차가 있는 것으로 보고되어 있다.(12) 각 절편의 간 면적을 구하는 작업은 동일한 연구자가 동일한 기준으로 컴퓨터 마우스 작업을 통하여 간 윤곽선을 추출하였고, 간정맥 분지와 간내 문맥 분지는 식별이 가능한 한 간 용적에서 제외하였으며, 중간정맥과 좌 간정맥을 기준으로 간의 좌·우엽과 좌 외측구역(13)을 구분하였고,(13) 미상엽의 좌측부(Spiegel lobe와 left side of paracaval portion)는 좌엽에, 나머지(right side of paracaval portion)는 우엽에 포함시켰다(Fig. 2). 실측 간 용적과 실측 간 질량은 동일하다(14)는 점과 성별에 따른 단위체표면적 당 간 용적은 유의한 차이가 없다(15)는 점을 전제로 하여 대상 예에서 전체 간 용적, 우엽 용적, 좌엽 용적, 좌 외측구역 용적을 측정하였다. 이식 간의 크기가 수여자의 기초 대사 요구량을 충족시키는지를 가늠하는 기준으로서 GRWR (Graft to Recipient Weight Ratio, %)(16)을 이용하였으며 이는 이식 간의 무게가 수여자의 체중에서 차지하는 비율이다.

$$GRWR (\%) = \frac{\text{이식할 간의 무게(kg)}}{\text{수여자의 체중(kg)}} \times 100$$

GRWR은 최소한 1%는 되어야 한다는 기준을 잡았으며, 결과 치는 평균±표준편차로 표시하였고, 통계처리는 SPSS (Version 9.0)를 사용하였다. 남녀간 간 용적(무게)이 체중에서 차지하는 비율의 비교에는 Student t-test를 이용하였다.

끝으로, 위에서 얻어진 결과와 대상군의 체표면적을 이용하여(17) 표준 간 용적을 구하는 Urata식으로(18) 얻은 결과(Table 3)와 Student t-test를 이용하여 비교해 보았다.

$$\text{Urata식: 표준 간 용적(ml)} = 706.2 \times \text{BSA (m}^2\text{)} + 2.4 \text{ 체표 면적(BSA, m}^2\text{)} = \sqrt{[\text{키(cm)} \times \text{몸무게(kg)}] \div 3600}$$

결 과

대상 총 47예의 성별, 연령, 체중, 전체 간 용적, 우엽 용적, 좌엽 용적 그리고 좌 외측구역 용적은 Table 2와 같다.

대상 총 47예의 간 용적(무게)의 평균은 1,266±299 ml 이었으며, 간 우엽 용적은 751±188 ml로 간 용적의 59.3±14.8%, 간 좌엽 용적은 515±154 ml로 전체 간 용적의 40.7±12.2%를 차지하였으며, 그리고 좌 외측구역은 150±65 ml로 전체 간 용적의 11.8±5.1%이었다. 남자 32예에서 간 용적의 평균은 1324±283 ml, 간 우엽 용적 793±181 ml, 간 좌엽 용적 531±145 ml, 그리고 여자 15예에서 간 용적의 평균은 1142±305 ml, 간 우엽 용적 663±176 ml, 간 좌엽 용적 479±172 ml이었다(Table 4). 전체 47예에서 간의 용적(무게)이 체중에서 차지하는 비율을 각각 구하였고, 이들의 남녀간 유의한 차이는 없었다(P>0.05). Urata식에 의한 결과는 대상 예 전체의 간 용적 평균은 1,162±130 ml이었고, 남자의 간 용적 평균은 1,213±106 ml, 여자는 1,055±111 ml이었고, 이는 상기 결과와 유의한 차이가 있었다(P<0.01).

GRWR이 최소한 1%가 되어야 한다는 기준으로 보면 평균 우엽 용적이 751±188 ml이므로 75 kg 성인 체중의 1.01±0.25%이고, 80 kg 성인 체중의 0.94±0.24%이었다. 평균 좌엽 용적은 50 kg 성인 체중의 1.03±0.31%에 해당하였지만, 55 kg 시에는 0.94±0.28%로 기준 GRWR인 1%에는 미치지 못 하였다. 결국 실제로는 우엽은 75 kg, 좌엽은 50 kg 정도의 성인으로서의 분할 사체 간이식(SLT)이 충분히 가능하다는 결론에 도달하게 된다.

고 찰

말기 간 질환 환자의 치료에 있어서 간이식은 완치를 위한 최선의 방법이다. 하지만 간이식을 기다리는 환자 수에 비해 이식할 간이 턱없이 부족한 현실에서 간이식술로 혜택을 받는 환자 수는 제한되기 마련이다. 이에 이식 간 부족을 해결하기 위한 여러 대안들이 제안되어 성공적으로 적용되고 있다. 그중에서도 사체 분할 간이식(SLT)은 한정된 공여자의 간으로 두 배수의 수여자에게 혜택을 줄 수 있는 이상적인 수술법이다. 하지만 B형 간염에 동반된 성인 말기 간 질환자가 대다수인 우리나라에서는 성인·소아로의 분할보다는 두 명의 성인에게 이식하는 방법이 더 효과적일 것이다. 물론, 이 방법을 현실화하는 선결과제는 두 성인 수여자로의 충분한 간 용적의 확보가 가능한가 하는 점이

다. 이식 후 수여자의 몸에 비해 부족한 이식 간세포용적이 수여자의 대사 요구량을 만족시키지 못하고 적절한 간 기능유지에 실패하여 결국 간이식에 실패하는 주요 원인이 된다는 사실은 이미 잘 알려져 있다.(16,19) 그러므로 이론 상으로는 GRWR이 0.6% 이상만 되면 이식이 가능한 것으로 되어 있지만,(20) 실제로는 이식수술 전후 모든 과정에서 생길 수 있는 50% 가량의 간세포 기능상실(간 실질세포 파괴 및 대사능력 저하, 간세포 합성능력 저하 등)을 고려하면 통상 최소 GRWR이 1%는 되어야 한다고 알려져 있다.(16,19) 이에 국내에서도 CT volumetry를 이용하여 수술 전 이식 간의 크기를 측정하여 예후를 판단하려는 시도가 있었고,(15) 본 연구에서도 저자들은 '과연 분할 사체 간이식(SLT)에서 두 명의 성인 수여자로의 이식에 충분한-GRWR이 1% 이상이 되는- 간 크기 확보가 가능한지'를 알아보기 위해 디지털 카메라와 컴퓨터 프로그램을 사용해 좌·우엽 용적을 측정하였고, 이 때 적용된 절제방법(가상 분할선)은(Fig. 2) 각각의 이식 간에서 충분한 간 실질 획득을 기대하는 동시에, 이식 후 간 기능 부전을 일으켜 이식 실패를 초래할 수 있는 간정맥 혈류 경로(outflow)의 장애를 예방하는 데 주안점을 두었다.(21,22) 일단 우후간관의 손상에 주의하면서 담낭절제술을 시행한 후 중간 간정맥의 우연을 따라 우엽(segment V, VI, VII, VIII)을 체내 분할 절제하고, 이 때 문제가 될 수 있는 5번과 8번엽의 간정맥지들을 절찰하는 대신 수여자의 복재정맥(Saphenous vein)을 이용하여 혈관 문합을 해줌으로써 5번, 8번엽의 울혈에 의한 기능 저하를 막는다.(23) 다음 단계로 중간 간정맥을 좌엽으로 포함시킴으로써 4번엽의 간 실질을 충분히 확보하는 동시에 울혈을 막아 세포 기능을 최대화시키고,(24) 중간 간정맥과 좌 간정맥을 포함하는 간내 대정맥을 좌엽(segment I, II, III, IV)과 함께 적출함으로써 미상엽의 간 실질까지 활용하여 좌엽의 사용 가능 용적을 극대화하면서 기존의 간 좌엽 이식 시 좌 간정맥을 수여자의 대정맥에 end-to-side로 이어줄 때 빈번하게 생기는 합병증인 '혈관 문합부 코임에 의한 혈관 폐색'(3)을 근본적으로 배제할 수 있는 방법이다. 여기에 앞서 언급한 이식술 전후 과정에서 생기는 50% 가량의 간세포 기능 상실을 초래하는 인자들을 줄이는 노력들 -예를 들어, 이식 간 크기에 적합한 수여자 선택, 저장 용액(University of Wisconsin solution, UWS) 속에서의 저장 시간(cold injury time)과 이식 수술 시간(warm ischemic time) 단축,(16) 가능한 젊은 공여자를 고르고, 이식 시 산소결핍 상황으로부터 간세포를 보호하는 데 중요한 역할을 하는 당원축적(glycogenation)을 돕기 위해 이식 간 적출 시 간 문맥 내에 glucose-insulin 용액을 투여하는 등의 시도(25)-을 효과적으로 병행한다면 1996년 Azoulay 등(26)이 GRWR 0.89%인 분할 사체 간이식(SLT)에 성공한 예에서처럼 이식 가능한 최소 GRWR 치를 더욱 낮출 수 있을 것이다. 그리고, 실제로 근자에 보고된 좌측 미상엽과 좌엽을 같이 이용

한 성인 대 성인 생체 부분 간이식(Adult to adult living related liver transplantation)이나,(25) 두 성인으로의 사체 분할 간이식(SLT)의 성공 예에 비추어 볼 때,(24,28) 향후 두 성인 수여자로의 사체 분할 간이식술이 일반화가 될 가능성이 매우 높다고 할 수 있을 것이다.

끝으로 본 연구의 제한점으로는 대상군의 크기(47예)가 전체 표준 한국인 집단을 대표하기에는 모자람이 있고, 남자의 구성비(32/47)가 높아서 전체 결과 치가 상향되어 나타날 가능성도 없지 않다는 것이다.

결 론

컴퓨터 단층 촬영 필름과 컴퓨터작업을 통해 구해진 표준 간 우엽 질량은 751 ± 188 g, 좌엽 질량은 515 ± 154 g 이었고, 통상 GRWR 1% 이상의 경우 성공적인 간이식이 가능하다고 볼 때 이는 각각 75 kg과 50 kg의 성인에게로 분할 간 이식이 가능하다. 본 연구의 결과를 종합하면 여기서 새로이 제안된 이식 간 좌우엽 분할법과 함께 공여·수여자의 적절한 조합, 수술 방법의 개선, 수술 시간의 단축 등의 세심한 노력이 병행된다면, 서론에서 제기했던 의문점인 '두 성인 수여자로의 사체 분할 간이식에서 충분한 간 용적의 확보는 가능한가?'에 대한 해답은 '그렇다'이고, 이는 한번의 분할 사체 간이식술로 동시에 두 명의 성인 수여자에게 혜택을 줄 수 있으며 나아가 성인 이식 간 부족현상을 해결하는 열쇠가 될 것이다.

REFERENCES

- 1) Starzl TE, Iwatsuki S, van Thiel DH, Gartner JL, Zitelli BJ, Malatack JJ, et al. Evolution of liver transplantation. *Hepatology* 1982;2:614-6.
- 2) Pichlmayr R, Ringe B, Gubernatis G. Splitting liver transplantation-A new method of transplantation. *Langenbecks Arch Chir* 1988;373:127-30.
- 3) Strong RW, Lynch SV, Ong TN. Successful liver transplantation from a living donor to her son. *N Engl J Med* 1990; 322:1505-8.
- 4) Rela M, Vougas V, Muiesan P, Vilca-Melendez H, Smyrniotis V, Gibbs P, et al. Split liver transplantation-King's College Hospital experience. *Ann Surg* 1998;227:282-8.
- 5) Mirza DF, Achilleos O, Pirenne J, Buckels JA, McMaster P, Mayer AD, et al. Encouraging results of split-liver transplantation. *Br J Surg* 1998;85:494-7.
- 6) Gundlach M, Topp S, Broring D, Rogiers X. Split liver transplantation (SLT). *Ann Transpl* 2000;5:38-42.
- 7) Goss JA, Yersiz H, Shackleton CR, Seu P, Smith CV, Markowitz JS, et al. In situ splitting of the cadaveric liver for transplantation. *Transplantation* 1997;64:871-7.
- 8) Busutil RW, Goss JA. Split liver transplantation. *Ann Surg*

- 1999;229:313-21.
- 9) Reys J, Gerber D, Mazariegos GV, Casavilla A, Sindhi R, Bueno J, et al. Split-liver transplantation: a comparison of ex vivo and in situ techniques. *J Ped Surg* 2000;35:283-9.
 - 10) Broelsch CF, Whittington PF, Emond JC. Evolution and future perspectives for reduced-size hepatic transplantation. *Surgery, Gynecology & Obstetrics* 1990;171:353-60.
 - 11) Yamaoka Y, Washida M, Honda K. Liver transplantation using a right lobe graft from a living related donor. *Transplantation* 1994;57:1127-41.
 - 12) Heysmsfield SB, Fulenwider T, Nordlinger B, Barlow R, Sones P, Kutner M, et al. Accurate measurement of liver, kidney, and spleen volume and mass by computerized axial tomography. *Ann Int Med* 1979;90:185-7.
 - 13) Sexton CC, Zeman RK. Correlation of computed tomography, sonography, and gross anatomy of the liver. *Am J Roentgenol* 1983;141:711-8.
 - 14) Higashiyama H, Yamaguchi T, Mori K. Graft size assessment by preoperative computed tomography in living related partial liver transplantation. *Br J Surg* 1993;80:489-92.
 - 15) Hwang S, Lee SG, Lee YJ, Park KM, Jeon HB, Kim PN, et al. Calculation of Standard Liver Volume of Korean Adults. *Kor J HBP Surg* 1997;1:59-65.
 - 16) Strasberg SM, Howard TK, Molmenti EP, Hertl M. Selecting the donor liver: Risk factors for poor function after orthotopic liver transplantation. *Hepatology* 1994;20:829-38.
 - 17) Mosteller RD. Simplified calculation of body-surface area. *N Engl J Med* 1987;17:1098-9.
 - 18) Urata K, Kawasaki S, Matsunami H, Hashikura Y, Ikegami T, Ishizone S, et al. Calculation of child and adult standard liver volume for liver transplantation. *Hepatology* 1995;5:1317-21.
 - 19) Kiuchi T, Kasahara M, Uryuhara K, Inomata Y, Uemoto S, Asonuma K, et al. Impact of graft size mismatching on graft prognosis in liver transplantation from living donors. *Transplantation* 1999;67:321-7.
 - 20) Lo CM, Fan ST, Chan JKF, Wei W, Lo RJW, Lai CL. Minimum graft volume for successful adult-to-adult living donor liver transplantation for fulminant hepatic failure. *Transplantation* 1996;62:696-9.
 - 21) Takayama T, Makuuchi M, Kawasaki S, Ishizone S, Matsunami H, Iwanaka T, et al. Outflow Y-reconstruction for living related partial hepatic transplantation. *J Am Coll Surg* 1994;179:226-9.
 - 22) Takayama T, Makuuchi M, Kawarasaki H, Hashikura Y, Ikegami T, Nakazawa Y, et al. Venacavoplasty to overcome outflow block in living related liver transplantation. *Transplantation* 1994;58:116-8.
 - 23) Lee YJ, Lee SG, Park KM, Hwang S, Kim KH, Choi DR, et al. Right hepatic lobectomy for adult living donor liver transplantation -safety, anatomical points, and technical points-. *J Korean Surg Soc* 1999;57:558-65.
 - 24) Sommacale D, Farges O, Ettorre GM, Lebigot P, Sauvanet A, Marty J, et al. In situ split liver transplantation for two adult recipients. *Transplantation* 2000;69:1005-7.
 - 25) Cywes R, Greig PD, Sanabria JR, Clavien PA, Levy GA, Harvey PR, et al. Effect of intraportal glucose infusion on hepatic glycogen content and degradation and outcome of liver transplantation. *Ann Surg* 1992;216:235-46.
 - 26) Azoulay D, Astarcioglu I, Bismuth H, Castaing D, Majno P, Adam R, et al. Split-liver transplantation: The Paul Brousse policy. *Ann Surg* 1996;224:737-46.
 - 27) Miyagawa S, Hashikura Y, Miwa S, Ikegami T, Urata K, Terada M, et al. Concomitant caudate lobe resection as an option for donor hepatectomy in adult living related liver transplantation. *Transplantation* 1998;66:661-3.
 - 28) Azoulay D, Castaing D, Adam R, Mimoz O, Bismuth H, et al. Transplantation of three adult patients with one cadaveric graft: wait or innovate. *Liver Transplantation* 2000;6:239-40.