

## 간절제술시 경시적 동맥혈 케톤체비 측정의 임상적 의의

아주대학교 의과대학 일반외과학교실

이 원 흥 · 왕 희 정 · 소 의 영  
손 우 영 · 김 욱 환 · 김 명 욱

### Clinical Significance of Serial Arterial Ketone Body Ratios in Liver Surgery

Won Hung Lee, Hee Jung Wang, Euy Young Soh  
Woo Young Sohn, Wook Hwan Kim and Myung Wook Kim

Department of Surgery, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

Changes in arterial ketone body ratio(AKBR) during and after liver surgery were investigated in 11 patients who underwent partial hepatectomy or orthotopic liver transplantation during the period from April 1995 through June 1995. During partial hepatectomy, hepatic vascular occlusion induced reduction in AKBR to below 0.4 in 10 cases, indicating that AKBR rapidly reflects the intraoperative metabolic insults imposed on the liver. After the completion of operation, AKBR's returned to the normal value of above 0.7 in cases without cirrhosis. In contrast, 4 of 5 cases with cirrhosis exhibited delayed recovery of AKBR( $p=0.053$ ). The mean value of ICG R15 in the delayed recovery group of serial AKBR was 14.7%, significantly lower than 8.0% in the rapid recovery group( $p=0.031$ ). It seems that postoperative restoration of liver function in patients with poor hepatic functional reserve takes more time, as reflected in delayed recovery of AKBR. Changes in AKBR during and after liver transplantation were as follows: reduction to below 0.4 during anhepatic phase; recovery to above 0.4 concomitant with functioning of the new liver; maintenance at over 0.7 during the first week after the operation. Such findings were useful in monitoring the function of the grafted liver during the critical perioperative period.

**Key Words:** Arterial ketone body ratio(AKBR), Hepatectomy, Liver transplantation

### 서 론

간은 침묵의 장기라고할 정도로 여력이 충분하여 약 20% 정도의 간세포만 정상적으로 기능을 하더라도 일반 간기능검사는 정상소견을 보일 수 있다. 다시 말해 외견상으로만 간기능을 평가할 경우에 종종 간절제술은 잔존간의 기능을 예기치 못하게 감소시켜 술후 급격한 간기능저하를 야기시킬 수 있다. 특히, 간세포암 환자의 경우는 80% 가량에서 간경변을 동반하고 있으므로 위험은 더욱 심각하다. 그에 따라, 간외과의들은

간절제전에 간의 기능적 예비력을 정확히 평가하고, 안전한 절제범위를 산출하는 등의 술후 간부전을 피하기 위한 다각도의 노력을 경주하고 있다.

술주기 간기능의 감시방침으로 본 교실에서는 술전에는 주로 Okamoto의 회귀방정식에 근거를 두는데 환자의 나이, ICG R15, ICG Rmax 및 절제범위를 고려하여 안전한 절제범위를 산출하고, 내당능검사는 보조적으로 참고하며, 이와 더불어 술중과 술후의 환자의 잔존간기능을 정량적으로 평가하는 간편하고 정확한 방법으로 경시적 동맥혈 케톤체비를 ICG검사에 보완적으로 이용하기 시작하여 그 초기 11예에 대한 결과가 실제로 임상에 도움이 되었는가를 평가하기 위하여 본 연구에 착수하였다.

저자연락처: 왕희정, (442-749) 경기도 수원시 팔달구 원천동 산 5, 아주대학교병원 외과, Tel (0331) 219-5204

연구자료 및 방법

동맥혈 케톤체비 측정기인 Keto 340 system II(日本三和化學研究所, 伊原電子 Co.)를 임상에서 사용하기 시작한 후 1995년 4월부터 6월까지 만 3개월동안 간암 6예, 간내 담관암 1예, 담낭암 1예, 간내결석 1예, 국소결절성 증식(Focal nodular hyperplasia) 1예에 대한 간부분절제술 및 말기간경변환자에 대한 간이식 1예를 대상으로 술중.술후 동맥혈 케톤체비를 경시적으로 측정하여 술주기 간기능의 정량적 감시가 임상적용 가능할 것인가를 검토하였다(Table 1).

시행방법은 heparin처리 주사기로 동맥혈 5 ml를 채취하여, 즉각 5 ml의 냉각 10% perchloric acid와 혼합한 후 10,000 g로 15분간 원심분리한 후 그 상층액을 냉각 69% potassium carbonate와 혼합하여 0~4℃에서 10,000 g로 5분간 재원심 분리하였다. 그 상층액을 Keto-rex-340에 넣어 동맥혈 케톤체비를 구하였다<sup>14</sup>.

동맥혈 케톤체비에 대한 저혈당의 영향을 배제하기 위하여 채혈 5시간 전부터 탄수화물을 제외한 모든 영양공급을 중단하고 식후 1시간 혈당을 120~200 mg%으로 유지하거나 10% 포도당액을 투여하면서 검사를 실시하였다.

동맥혈 케톤체비는 0.7 이상을 정상으로, 0.4~0.7을 경계역, 0.25~0.4를 critical zone, 0.25 이하를 대사사 상태로 보았다<sup>12</sup>. 통계적 유의성은 Chi-square test 및 t-test

를 이용하였다.

결 과

부분간절제술을 시행한 10예중 5예는 간경변이 동반되지 않았고 5예는 간경변이 합병되어 있었는데 술중 간실질의 절제시에 시행하는 Pringle's maneuver나 편엽간저혈시에 간경변에 뿐만아니라 간경변이 없었던 예 모두에서 동맥혈 케톤체비는 0.4 이하로 떨어져서 동맥혈 케톤체비가 저산소 상태로 인한 간의 대사장애를 즉각적으로 반영한다는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 1, 2).

간절제술 직후 동맥혈 케톤체비는 간경변이 없었던 5예는 모두 수술당일 정상으로 회복되었던 반면에(Fig. 1) 간경변을 동반하고 있었던 5예중 1예는 수술당일 정상으로 회복되었으나 1예는 술후 첫날에, 그리고 3예는 술후 2일째야 비로소 정상으로 회복되는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 2)(p=0.053). 또한, 술당일 동맥혈 케톤체비가 정상으로 회복되었던 6예의 평균 ICG 15분 정체율은 7.02%였고, 동맥혈 케톤체비의 회복이 느렸던 4예의 평균값은 13.55%였다(p=0.031). 즉, 평균 ICG 15분 정체율이 증가된 간기능이 열악한 환자는 동맥혈 케톤체비의 회복이 더디다는 것을 알 수 있었다.

동소성간이식예에서 술전후에 경시적으로 동맥혈 케톤체비를 측정한 결과 동맥혈 케톤체비가 무간기에 0.4 이하로 떨어졌다가 재관류직후에 이식간의 기능 회복

Table 1. Patients' profiles

Case	Sex/Age	Disease	Cirrhosis	OGTT	ICG R15	Op. procedure*
1	M/55	HCC	+	70-196-124	14.1	rt. post. segmentectomy
2	F/58	HCC	+	83-116-116	10.6	subsegmentectomy VII
3	F/26	HCC	+	71-175-102	3.2	lt. lobectomy
4	M/47	HCC	+	186-311-403	16.4	subsegmentectomy VI
5	M/58	HCC	+	102-249-233	13.1	rt. lobectomy
6	M/40	HCC	-	66-268-238	4.4	central lobectomy
7	M/67	CC	-	88-188- 93	9.0	extended lt. lobectomy
8	M/65	GB Ca	-	73-172-115	10.9	transverse hepatectomy
9	M/37	FNH	-	78-200-203	6.8	segmentectomy V+VI
10	F/38	IHS	-	86-163- 92	7.8	lt. lateral segmentectomy
11	M/38	LC	++	75-144-179	50.3	liver transplantation

HCC: Hepatocellular carcinoma, CC: Cholangiocarcinoma, GB Ca: Gallbladder cancer  
 FNH: Focal nodular hyperplasia, LC: Terminal liver cirrhosis, IHS: Intrahepatic stone  
 OGTT: oral glucose tolerance test, ICG R15: indocyanine green retention rate at 15 min(%),  
 \*number according to Couinaud's segmental anatomy, rt.: right, lt.: left

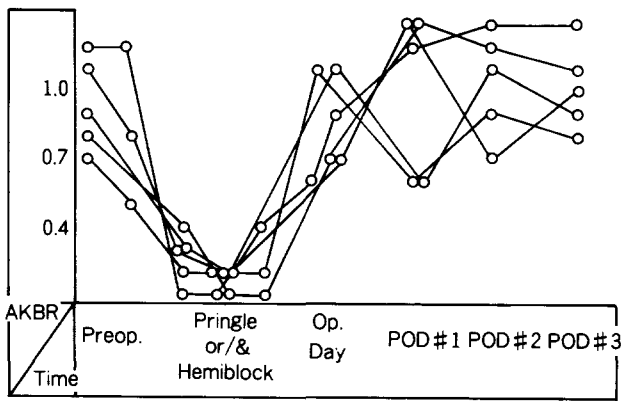


Fig. 1. Serial AKBR in non-cirrhotic patients.

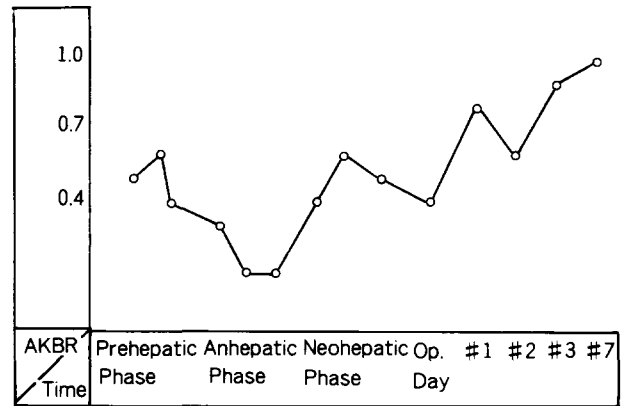


Fig. 2. Serial AKBR in cirrhotic patients.

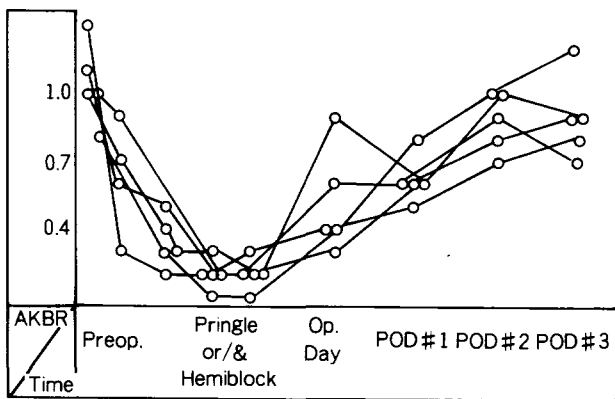


Fig. 3. Serial AKBR in a liver transplantation patient.

과 함께 점차 회복되면서 술후 1일째 정상화되어 유지되어 간이식술직후에 일어날 수 있는 다양한 혈액동학적 변화, 감염, 급성거부반응, 수술수기상의 합병증 및 원발성 이식간부전 등의 복잡한 상황속에서도 이식간의 기능을 정확히 평가하는데 도움을 주었다(Fig. 3).

### 고 안

간의 기능적 예비력을 평가하는 방법은 Child씨 분류, Indocyanine Green(ICG) 색소부하검사와 간의 mitochondria기능검사인 cytochrome a(+a3) 정량법, 내당능검사, redox tolerance test, 경시적 동맥혈 케톤체비 등이 있다<sup>9,17</sup>. 임상증상에 간기능검사를 가미한 Child씨 분류는 원래 식도정맥류에 대한 shunt수술의 적응을 보기 위해 고안된 분류로서 간절제시 정확한 수술적응을 판정하기에는 미흡한 점이 많다. ICG 색소부하검사중 최

대제거율은 간의 정량적 판정이 가능하고 지금까지의 간기능적 예비력평가법중 가장 예후와의 상관성이 잘 정립되어 있고, 환자의 경미한 상태변화의 영향을 받지 않는 검사이지만 검사 자체가 힘들고 번거로와 경시적 관찰에 이용하기는 어려운 점이 있다. Cytochrome a(+a3)의 정량법은 전자전달계의 대표적인 호흡효소중의 하나인 Cytochrome a(+a3)를 술중 간조직을 채취하여 측정하는 것인데 술중에만 이용 가능하고 경시적 관찰은 더욱 불가능한 단점이 있다<sup>9,12,15</sup>. Ozawa는 간의 대사조절능이 간의 기능적 예비력을 반영하고, energy charge가 고에너지 인산을 생산하고 이용하는 과정의 가장 중요한 인자라는 것에 착안하여 간의 energy charge가 간의 기능적 예비력을 반영한다고 하였다. 그리고, 50 gm 포도당의 부하후의 내당능곡선이 energy charge의 변화에 의해 상관성을 가지면서 변한다는 것에 착안하여 50 gm 내당능곡선을 간의 기능적 예비력평가에 이용하였다<sup>5,9</sup>. 그러나, 이 검사는 검사방법이 번거로와 경시적 관찰이 어렵고, 환자의 경미한 변화에 영향을 받으며 1회 검사로 ATP생성능향진과 저하의 판단이 어려울 경우가 있다<sup>9,12</sup>. 또한, Ozawa는 energy charge가 간세포내 mitochondria의 redox state(NAD+/NADH)와 밀접한 상관성이 있고, redox state는 간의 케톤체비에 반영되며, 간정맥의 케톤체비는 동맥혈의 케톤체비와 밀접한 상관성을 가진다고 보고하여 결론적으로 간의 기능적 예비력은 동맥혈 케톤체비로 간단하게 평가할 수 있다고 하였다. 이어 그는 황달이 있는 환자, 대량출혈환자, 간절제환자 및 동물과 사람의 간이식에서 동맥혈 케톤체비가 간의 energy charge와 밀접한 상관성이 있다는 것을 확인하였다<sup>2,4,6-10,12,16,18</sup>. 경시적 동맥혈 케톤체비는 환자의 약간의 저혈당증이나 저산소상태와 같은 경미

**Table 2.** 간절제술전후의 간기능감시방침

1. 술전 간기능적 예비력검사 ICG 최대제거율 검사 50 gm 내당능검사
2. 술중 침습의 평가 경시적 동맥혈 케톤체비 측정
3. 술후 관리 지침 경시적 동맥혈 케톤체비 측정

한 변화에 영향을 받는다는 단점이 있지만 검사가 용이하여 경시적으로 사용가능하다는 장점이 있다. Redox tolerance test는 당부하하에서 동맥혈 케톤체비를 측정하여 2시간 동안의 증분의 비를 구하여 기능적 예비력 평가에 이용하려는 시도이지만<sup>12,18</sup> 예후와의 상관성이 ICG 검사에 비하여 아직 잘 정립되지 않았다.

본 교실에서는 간절제한자의 술주기 간기능의 감시 방침으로 술전에는 주로 Okamoto의 회귀방정식에 근거를 두는데 환자의 나이, ICG R15, ICG Rmax 및 절제 범위가 예후점수에 영향을 주는 인자들인데 이중 절제 범위만이 외과가가 조절할 수 있는 인자이므로 안전한 절제범위를 산출하고 수술을 시행하고, 내당능검사는 보조적으로 참고하고 있으며, 이와 더불어 부분간절제를 시행한 10예 전예에서 간경변의 동반여부와 관계없이 술중과 술후의 환자의 잔존간기능을 정량적으로 평가하는 간편하고 정확한 방법으로 경시적 동맥혈 케톤체비를 1994년 10월부터 ICG검사에 보완적으로 이용하기 시작하여(Table 2) 술전 간기능, 술중 저혈시 반응 및 술후 임상경과와 좋은 상관성을 보인다고 판단되어 초기 11예의 예비적 연구결과를 보고하게 되었다.

간절제시에 시행하는 Pringle's maneuver나 편엽간저혈시에 동맥혈 케톤체비는 0.4 이하로 떨어져서 동맥혈 케톤체비가 저산소상태에 매우 민감하다는 사실을 확인할 수 있었다(Fig. 1, 2). 간절제술 직후 동맥혈 케톤체비는 간경변이 없었던 5예는 모두 수술당일 정상으로 회복되었던 반면에(Fig. 1) 간경변을 동반하고 있었던 5예중 1예는 수술당일 늦게 정상으로 회복되었으나 1예는 술후 첫날에, 그리고 나머지 3예는 술후 2일째야 비로소 정상으로 회복되는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 2)(p=0.053). 또한, 수술당일 동맥혈 케톤체비가 정상으로 회복되었던 6예의 평균 ICG 15분 정체율은 7.02%였고, 동맥혈 케톤체비의 회복이 느렸던 4예의 평균값은 13.55%였다(p=0.031). 즉, 평균 ICG 15분 정체율이 증

가되었던 간기능이 나쁜 환자는 동맥혈 케톤체비의 회복이 더디다는 것을 알 수 있었다. 그리고, 간이식술중과 술후의 이식간의 기능을 정확히 평가하는 확고한 지표는 아직없다. 특히 간이식 직후의 복잡한 대사변화 가운데서 이식간의 primary nonfunction을 예견하는 방편으로 간효소치의 변화, 혈중 bilirubin치, 혈중 아미노산의 농도 및 조직생검소견 등이 이용되고 있으나 어떤 것도 이식간의 회복가능성을 예견하기에는 미흡하다. 최근 Ozawa는 동물의 간이식실험과 사람의 간이식시 경시적 동맥혈 케톤체비가 이식간의 기능을 잘 반영하는 지표라고 제시하였다<sup>1,3,11,12</sup>. 저자들도 동소성간 이식예에서 술전후에 경시적으로 동맥혈 케톤체비를 측정한 결과 동맥혈 케톤체비가 무간기에 0.4 이하로 떨어졌다가 재관류직후에 이식간의 기능 회복과 함께 점차 회복되면서 술후 1일째 정상화된 후 유지되어 간이식술직후에 일어날 수 있는 다양한 혈액동학적 변화, 감염, 급성거부반응, 수술수기상의 합병증 및 원발성 이식간부전 등의 복잡한 상황속에서도 이식간의 기능을 정확히 평가하는데 도움이 되었다(Fig. 4).

동맥혈 케톤체비의 결과를 분석하는데 주의할 점에 대하여 Ozawa는 저산소 상태와 저혈압이 동맥혈 케톤체비에 영향을 줄 수 있으므로 수축기혈압과 동맥혈 산소분압을 각각 80 mmHg 이상과 70 mmHg 이상으로 유지하는 것이 중요하다고 하였다. 그리고, 저혈당시에도 동맥혈 케톤체비가 감소하므로 정확한 간기능적 예비력을 평가하기 위하여는 저혈당 효과도 배제해야 하므로 검사를 위한 채혈 5시간 전부터 당을 제외한 모든 종류의 영양기질의 섭취를 중단하고 식후 1시간 혈당치를 120~200 mg%로 유지하거나 10% 포도당을 점적하면서 시행하여야 정확한 평가가 가능하다고 하였다<sup>14</sup>. 그러므로, 1회의 동맥혈 케톤체비를 측정하는 것만으로 간의 기능적 예비력을 평가하는 것은 위험하며 경시적 상황마다 대사부하와 환자의 환경이 다르므로 이들을 참작함과 더불어 지속적으로 동맥혈 케톤체비를 측정하는 것이 중요하다고 사료된다.

Ozawa가 시간인자의 중요성을 강조한 문헌에 따르면, 술후 critical zone(AKBR=0.25~0.4)에 있었던 161명의 환자에서 1391회 동맥혈 케톤체비를 측정한 결과, 술후 1일이내에 critical zone을 벗어난 경우는 6%의 사망율을 보였고, 술후 2일이내에 critical zone을 벗어난 경우는 10%의 사망율을 보였으며, 술후 3~4일에 critical zone을 벗어난 경우는 43%의 사망율을 보였고, 술후 5일 이후에도 critical zone을 벗어나지 못한 경우에는 100%가 사망하였다고 하였다<sup>12,18</sup>. 그러므로, 한번

측정한 동맥혈 케톤체비가 중요하다기 보다는 지속적으로 측정된 동맥혈 케톤체비의 경시적 경향이 중요하다는 것을 알 수 있다. 뿐만 아니라 술후 동맥혈 케톤체비를 기반으로 대사관리를 하므로써 기능이 저하된 간에 가능하면 대사부하를 줄여 주려는 시도를 하고 있는데, 동맥혈 케톤체비가 0.7 이상인 경우는 간의 주된 energy 대사경로가 당산화이므로 고영양수액요법을 적극 권장을 하고, 0.4~0.7인 경우는 주로 지방산산화로 energy를 얻는 상황이므로 고영양수액요법이 오히려 간에 부담을 주므로 5% 당액과 분지형 아미노산수액 및 Lactulose 관장 등으로 대사의 부하를 덜어 주는 것이 바람직하며, 0.25~0.4인 경우에는 기질이용능이 전반적으로 저하되어 있는 상태로 5~10%의 당액을 혈당이 유지될 정도로만 투여하고 이 상태가 지속될 경우에는 인공간이나 교환수혈 등의 대책을 강구하여야 한다고 하였다<sup>9,12</sup>. 또한 Shimahara 등은 동맥혈 케톤체비를 적극적으로 상승시키기 위해 간헐적인 당부하법을 이용하였는데 15 gm의 당을 한시간에 점적하는 방법을 하루 2~3회 반복하여 당대사경로를 자극하여 당산화를 촉진시키는 것으로 간기능적 예비력을 좀 더 조기에 확인하는 수단도 되리라 생각된다<sup>9</sup>. 이러한 문헌에 보고된 사항들을 저자들도 술후에 십분 이용하는 치료를 시도하고 있다.

## 결 론

동맥혈 케톤체비 측정기인 Keto 340 system II(日本三和化學研究所, 伊原電子 Co.)를 이용하여 1995년 4월부터 1995년 6월까지 만 3개월동안 간이식 1예 및 간암 6예, 간내담관암 1예, 담낭암 1예, 간내결석 1예, 국소결절성 증식 1예에 대한 간절제술시의 술중·술후 AKBR을 경시적으로 측정을 통한 술주기 간기능의 정량적 감시가 임상에서 어느 정도 도움이 될 것인가를 알아보기 위하여 본 연구에 착수하였고, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 간부분절제술을 시행한 10예 전예에서 간경변이 동반여부와 관계없이 간절제술에 시행하는 Pringle's maneuver나 편엽간저혈시에 동맥혈 케톤체비는 0.4 이하로 떨어져서 동맥혈 케톤체비가 저산소상태로 인한 간대사변화를 즉각 반영한다는 사실을 확인 할 수 있었다.

2) 간절제술 직후 동맥혈 케톤체비는 간경변이 없었던 5예는 모두 수술당일 정상으로 회복되었던 반면에 간경변을 동반하고 있었던 5예중 1예는 수술당일 늦게

정상으로 회복되었으나 1예는 술후 첫날에, 그리고, 나머지 3예는 술후 2일째야 비로소 회복되는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 2)( $p=0.053$ ). 또한, 술당일 동맥혈 케톤체비가 정상으로 회복되었던 6예의 평균 ICG 15분 정체율은 7.02%였고, 동맥혈 케톤체비의 회복이 느렸던 4예의 평균값은 13.55%였다( $p=0.031$ ). 즉, 간기능이 저하된 환자는 동맥혈 케톤체비의 회복이 더디다는 것을 알 수 있었다.

3) 동소성간이식예에서 술전후에 경시적으로 동맥혈 케톤체비를 측정한 결과 동맥혈 케톤체비가 무간기에 0.4 이하로 떨어졌다가 재관류직후에 이식간의 기능 회복과 함께 점차 회복되면서 술후 1일째 정상화되고 유지되어 간이식술직후에 일어날 수 있는 다양한 혈액동학적 변화, 감염, 급성거부반응, 수술수기상의 합병증 및 원발성 이식간부전 등의 복잡한 상황속에서도 이식간의 기능을 정확히 평가하는데 도움을 주었다.

이상과 같이 동맥혈 케톤체비는 간수술중과 술후의 환자의 잔존간기능을 정량적으로 평가하는 간편하고 정확한 방법으로 경시적 측정이 ICG검사에 보완적으로 이용될 경우 또 다른 좋은 간기능감시수단이라는 결론을 얻었다.

## 참 고 문 헌

1. Asonuma K, Takaya S and Selby R, et al: The clinical significance of the arterial ketone body ratio as an early indicator of graft viability in human liver transplantation. *Transplantation* 51: 164, 1991
2. Atkinson DE: The energy charge of the adenylate pool as a regulatory parameter. Interaction with feedback modifiers. *Biochemistry* 7: 4030, 1968
3. Egawa H, Shaked A and Konishi Y, et al: Arterial ketone body ratio in pediatric liver transplantation. *Transplantation* 55: 522, 1993
4. Ikai I, Shimahara Y and Kiuchi T, et al: Arterial ketone body ratio as a prognostic indicator of postoperative hemorrhage in hepatectomized patients. *Surg Res Commun* 10: 1, 1991
5. Kimura K, Kamiyama Y and Ozawa K, et al: Changes in adenylate energy of the liver after an oral glucose load. *Gastroenterology* 70: 665, 1976
6. Kiuchi T, Ozawa K and Yamamoto Y, et al: Changes in arterial ketonebody ratio in the phase immediately after hepatectomy. *Arch Surg* 125: 655, 1990
7. Kiuchi T, Shimahara Y, Wakashiro S, et al: Reduced arterial ketone body ratio during laparotomy: An evaluation of operative stress through the changes in hepatic mitochondrial redox potential. *J Lab Clin Med* 115: 433, 1990

8. Kiuchi T, Shimahara Y and Ozawa K, et al: Arterial ketone body ratio during hepatectomy: Potential utility as an indicator of surgical stress. *Surg Res Comm* 12: 81, 1992
  9. Morimoto T, Shimahara Y and Mori K, et al: Surgical therapy of patients with hepatocellular carcinoma developed in cirrhotic liver. *Surgical Therapy(Jpn)* 64: 41, 1991
  10. Nakatani T, Ozawa K and Asano M, et al: Changes in predominant energy substrate after hepatectomy. *Life Science* 28: 257, 1981
  11. Ozaki N, Ringe B and Gubernatis G, et al: Changes in energy substrates in relation to arterial ketone body ratio after human orthotopic liver transplantation. *Surgery* 113: 403, 1993
  12. Ozawa K: Liver surgery approached through the mitochondria. *Medical Tribune*, Tokyo, 1992
  13. Ozawa K, Aoyama H and Yasuda H, et al: Metabolic abnormalities associated with postoperative organ failure. *Arch Surg* 118: 1245, 1983
  14. Ozawa K, Kamiyama Y and Kimura K, et al: Contribution of the arterial ketone body ratio to elevate plasma aminoacids in hepatic encephalopathy of surgical patients. *Am J Surg* 146: 299, 1983
  15. Ozawa K, Yamaoka Y and Kitamura O, et al: Clinical application of cytochrome a(+a3) assay of mitochondria from liver specimens. *Ann Surg* 180: 868, 1974
  16. Ukikusa M, Ozawa K and Shimahara Y, et al: Changes in blood ketone body ratio. Their significance after major hepatic resection. *Arch Surg* 116: 781, 1981
  17. Yamamoto M, Kiyoyama H and Mazmoto E, et al: Preoperative estimation of surgical risk for patients with liver cirrhosis. *Clinical Surgery (Jpn)* 38: 1281, 1983
  18. Yamamoto Y, Ozawa K and Okamoto R, et al: Prognostic implications of postoperative suppression of arterial ketone body ratio: Time factor involved in the suppression of hepatic mitochondrial oxidation-reduction state. *Surgery* 107: 289, 1990
-