

## 흰쥐 재생간의 Monoamine Oxidase의 활성치\*

계명대학교 의과대학 생화학교실

문교철 · 박은미 · 김여희 · 곽춘식

=Abstract=

### Monoamine Oxidase Activity in Regenerating Rat Liver

Kyo Cheol Mun, MD; Eun Mee Park, MD; You Hee Kim, MD;  
Chun Sik Kwak, PhD

*Department of Biochemistry, Keimyung University  
School of Medicine, Taegu, Korea*

This study was intended to investigate the changes of hepatic mitochondrial and microsomal monoamine oxidase(MAO) A and B activities after 70%(median and left lateral lobes) partial hepatectomy in rats.

The activities of mitochondrial MAO A and B in the regenerating liver significantly increased between the second and the third days of the operation. However, the microsomal MAO A activity in regenerating liver showed a marked decrease from two days after operation.

### 서론

Monoamine oxidase(Amine: oxygen oxidoreductase(flavin containing, deaminating) EC 1.4.3.4, MAO)는 monoamine, 분자산소 및 물로 부터 aldehyde, ammonia 및 과산화수소를 생성하는 반응을 촉매하는 효소(Kim, 1979)로서 동물의 간(Erwin과 Greenawalt, 1968; Greenawalt와 Schnaitman, 1970; Houslay와 Tipton, 1974), 뇌(Collins 등, 1970; Hirano 등, 1978), 신(Racker와 Proctor, 1970), 심(Racker와 Proctor, 1970), 태반(Castren과 Saarikoski, 1974), 폐(Gallagher, 1977) 등에서 그 함성이 활발하며 이들 장기에 많은 량 존재한다고 한다. 세포 내에서는 mitochondria와 microsome 분획에서 발견(De Champlain 등, 1968; Greenawalt Schnaitman, 1970)되며, 기질특이성과 억제제에 대한 감수성에 따라 MAO는 MAO A, MAO B

로 구분하고 있다(Shih와 Eiduson, 1971; Ekstedt, 1976; Nelson 등, 1979; Suzuki 등, 1979; Corte와 Tipton, 1980).

이 효소는 신경전달물질인 생체 amine들을 분해하여 이들의 혈중농도를 조절하는 역할을 담당하며(Bardsley 등, 1974), Down 증후군(Benson과 Southgate, 1971; Fowler 등, 1981), 철결핍성빈혈(Youdim 등, 1975), 정신분열증(Murphy 등, 1974), 양극성 우울증(Murphy 등, 1974)에서 혈소판 MAO의 활성이 감소되며 celiac disease 시에는 십이지장 MAO가(Challacombe 등, 1971), 근위축시에는 근 mitochondrial MAO의 활성치가 감소된다(Rifenberick 등, 1973)고 한다. 그리고 말단비대증(Ito 등, 1971), 당뇨병(Nilsson 등, 1968), 갑상선기능항진증(McEwen과 Harrisson, 1965; Nilsson 등, 1968), 진행성 전신경화증(Ito 등, 1971), 울혈성 심부전증(McEwen과 Harrisson, 1965; Guffroy와 Benedetti, 1984), 고혈압(Guffroy와 Benedetti, 1984),

\* 이 논문은 1988년도 계명대학교 울중연구비 및 동산의료원 조사연구비로 이루어졌음.

폐섬유증(Hayes 등, 1983) 등에서는 혈중에 그 활성치가 증가됨이 알려져 있다. 그리고 특히 간경변증(McEwen과 Castell, 1967; Ito 등, 1971; Kirchner와 Castell, 1972; Ono 등, 1975; Gressner, 1983), 간암(McEwen과 Castell, 1967; Moritz와 Snodgrass, 1972; Costa와 Breakefield, 1979) 및 담도폐쇄시(문과 박, 1989)에는 혈중에 그 활성이 증가되고, 흰쥐의 담즙울체간에서는 그 활성이 현저히 감소된다(문과 박, 1989)고 한다.

흰쥐의 간을 부분절제하면 잔류된 간엽은 급격히 재생되며 이때 재생간에서는 각종 효소의 활성이 변동된다는 보고(Kasukada와 Lieberman, 1964; Fausto와 Van Lancker, 1965; Paris, 1972; Lamy 등, 1973; Okubo와 Chandler, 1974; Nawata와 Kamiya, 1975; Okubo 등, 1977; 파과 조, 1978; Clement, 1979; Sekas와 Cook, 1979; 파, 1980; Sheid, 1985; 김 등, 1986; 안과 박, 1987; 김 등, 1987; 문 등, 1988)들이 많다. MAO도 간에서 그 합성이 활발한 효소(Erwin과 Greenawalt, 1968; Greenawalt와 Schnaitman, 1970; Houslay와 Tipton, 1974; Ekstedt, 1976; Corte와 Tipton, 1980)이며 간 질환시에 혈중에 그 활성이 증가됨을 보아 간재생이 활발한 시기의 재생간에서는 그 활성의 변동이 있을 것으로 생각된다. 그러나 이에 대한 보고는 찾아 볼 수 없었다.

이 연구는 재생간에서 MAO의 활성이 어떻게 변동되는가를 알아보기 위해 흰쥐를 사용하여 간의 증엽과 좌측외엽을 절제한 후 10일 동안 경시적으로 재생간에서 MAO A, MAO B 및 총 MAO(tMAO)의 활성을 측정하여 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

**동물 및 처치:** 동물은 4주 이상 같은 조건으로 사육한 체중 320~360gm이 되는 Sprague-Dawley 종 실험흰쥐를 사용하였으며 간엽절제수술 후 12시간, 1일, 2일, 3일, 6일 및 10일에 이들 쥐를 각각 5마리씩 죽여 실험에 제공하였다. 각 실험군은 개별분리 수용하였으며 실험 전후에 일정한 조건으로 사육하였다. 사료는 시판되는 제일사료주식회사의 제품을 사용하였으며 물과 함께 자유로이 먹도록 하였다.

간엽절제수술은 효소활성의 일증변동을 고려하여 쥐를 일정한 시간에 죽일 수 있도록 수술시간을 조절하였으며 12시간 절제시킨 후 가능한 한 무균상태를 유지하면서 ether 마취 하에서 실시하였다. 흰쥐의 간엽절제수술은 복부 정중선을 따라 상부부를 약

2cm 절개하여 간의 증엽과 좌측외엽을 복강 밖으로 압출하고 인접조직간의 인대를 절단한 후 간엽의 저부위를 절찰한 뒤 간엽을 절제하였다. 절제한 간엽은 전체 간의 약 70%가 되며 이것을 원래간(original liver)으로 하였다.

**시약:** Tyramin·HCl(4-hydroxyphenethylamine; tyrosamine), benzylamine·HCl, 5-hydroxytryptamine·HCl(serotonin), monoamine oxidase(from bovine plasma stabilized) 및 단백질오염제(10gm/100 ml bovine albumin) 등은 Sigma사의 제품을 사용하였으며 그 외 일반 시약들은 특급 또는 일급품을 사용하였다.

**간적출 및 세포분획:** 모든 실험군에서 간의 적출은 12시간 금식시킨 후 약한 ether 마취 하에서 시행하였으며 복부대동맥으로 부터 채혈하여 쥐를 실험혈사시킨 후 간을 적출하였다. 적출한 간은 2~4°C의 0.25 M sucrose 액으로 잘 씻고 면모로 균등히 압박하여 간에 남아 있는 sucrose 액을 가능한 한 모두 제거하였다.

적출한 간은 즉시 냉각한 후 잘게 썰어서 절편을 만들고 혼합하여 그 중약 5gm을 취하여 9배량의 0.25 M sucrose 액을 넣어 teflon glass homogenizer (Thomas사 제품 chamber clearance 0.005~0.007 inch)로 2~4°C를 유지하면서 400rpm의 속도로 조심스럽게 5회 왕복마쇄하여 10w/v% 간균질액을 만들었다. 이 간균질액 약 50ml를 취하여 sucrose linear density gradient 초원심분리법(파과 박, 1986)으로 mitochondria와 microsome을 분리하였다. 즉 이간균질액을 571×g(average relative centrifugal force 이하 생략함)에서 10분간 원심분리하여 조직의 미마쇄부분, nuclei 및 plasma membrane 부분을 제거한 다음 그 상청액을 7,796×g에서 20분간 원심분리하여 pellet과 상청액을 얻었으며 이 상청액을 다시 104,400×g에서 1시간 원심분리하여 pellet을 얻었다. 이 pellet을 0.25 M sucrose 액에 재현탁시키고 10~35w/v% sucrose linear density gradient 용액을 넣은 원심분리관 상부에 부하시켜 88,500×g에서 15분간 원심분리하여 얻어진 원심분리관의 중앙 부위와 상부에 형성된 pellet을 모아서 88,500×g에서 1시간 원심분리하여 pellet을 얻고 이 pellet을 다시 0.25 M sucrose 액에 재현탁시켜 88,500×g에서 1시간 재원심분리하여 pellet을 얻었다. 이 pellet을 microsome 분획으로 사용하였다. 한편 위의 7,796×g에서 20분간 원심분리하는 과정에서 얻은 pellet을 0.25 M sucrose 액에 현탁시

키고 이 액을 20~45w/v% sucrose linear density gradient 용액을 넣은 원심분리관 상부에 부하시켜 45,200×g 에서 20분간 원심분리하여 얻은 침전물을 0.25 M sucrose 액에 다시 현탁시켜 7,794×g 에서 20분간 원심분리하여 pellet 을 얻었으며 이 pellet 을 mitochondria 분획으로 사용하였다.

위의 세포분획법에서 모든 조작은 2~4°C 에서 시행하였으며 이때 사용한 원심분리기는 Du Pont Sorvall 사의 RC-5B refrigerated superspeed centrifuge 와 OTD-65B ultracentrifuge 였다. 그리고 sucrose linear density gradient 용액의 제조는 gradient former(ISCO model 570)를 사용하였다.

**효소액의 조제 :** 분리한 microsome 및 mitochondria 는 단백질량으로 5mg/ml 가 되도록 0.25M sucrose 액에 현탁시켰으며 이현탁액을 ultrasonic dismembrator(Fisher model 300)로 20±0.4K cycle/sec 의 조건으로 2분씩 5회 총 10분간 초음파 마쇄한 후 이 액을 MAO 효소액으로 사용하였다.

**효소활성도 측정 :** 간의 mitochondria 와 microsome 의 MAO 활성도 측정은 tMAO 는 tyramine 을 MAO A 는 serotonin 을 그리고 MAO B 는 benzylamine 을 기질로 사용하여 효소액과 37°C 에서 20분간 반응시키는 동안 생성되는 ammonia 를 측정하는 방법인 Nagatsu 및 Yagi 법(1966)에 준하였다. 그리고 이 효소활성의 단위는 1분간에 1mg 의 단백질이 생성한 ammonia 를  $\mu$  mole 로 나타내었다.

이 실험에서 채택한 MAO 활성도 측정법은 그 정확도를 높이기 위하여 Sigma 사의 MAO 를 사용하여 검정하였으며 같은 시료에 대하여 2회 측정하여 평균치를 취하였다. 그리고 이 실험에서 MAO 활성도를 측정할 분광광도계는 computer controlled enz-

yme spectrophotometer(Varian, Cary 210)였다.

**단백 정량 :** 효소액 중의 단백질 정량은 0.5N perchloric acid 와 methanol-ether 혼합액(3:1)으로 단백질을 정제하는 Greenberg 및 Rothstein 법(1957)으로 효소액중의 단백질을 정제한 다음 biuret 법(Gornall 등, 1949)으로 정량하였다.

얻어진 각종 성적들의 평균치 중 상호비교가 필요한 경우는 Student 의 t-검정법(Schefler, 1980)에 의하여 검정하였다.

### 성적

**흰쥐 재생간의 MAO A 의 활성도 :** 간엽절제 후 정시적으로 측정한 재생간의 mitochondria 및 microsome 의 MAO 활성도는 표 1과 같다. 간엽절제 후 재생간의 mitochondria 분획의 MAO A 활성도는 2일 및 3일째 재생간에서 현저히 증가되었다. 즉 2일째 재생간은 원태간에 비해서 약 40%의 증가( $p < 0.05$ )를 보였고 3일에는 약 35%의 증가( $p < 0.05$ )를 보였다. 그러나 6일째 재생간의 microsome 분획의 MAO A 의 활성도는 2일째 재생간에서 원태간에 비해 약 39%의 감소( $p < 0.05$ )를 보였으며 3일째 재생간부터는 유의있는 감소를 보이지 않았다.

**흰쥐 재생간의 MAO B 의 활성도 :** 간엽절제 후 정시적으로 측정한 재생간의 mitochondria 분획의 MAO B 의 활성도는 MAO A 와 마찬가지로 2일 및 3일째 재생간에서 원태간에 비해 모두 약 48%의 증가( $p < 0.05$ )를 보였다. 그러나 재생간의 microsome 분획의 MAO B 는 2일 및 3일에 원태간에 비해 전자는 약 25%, 후자는 약 23%의 감소를 보였으나 통계학적 의의는 없었다.

**흰쥐 재생간의 tMAO 의 활성도 :** 간엽절제 후 정

Table 1. Activities of mitochondrial and microsomal monoamine oxidase A(MAO A) of regenerating liver in rats

Post hepatectomy day(s)	Mitochondrial MAO A ( $\mu$ mol ammonia formed/mg protein/min)		Microsomal MAO A	
	Original liver(%)	Regenerating liver (%)	Original liver (%)	Regenerating liver (%)
0.5	1,284±272(100)	1,207±254 (94)	556±150(100)	562±161 (101)
1	1,287±263(100)	1,496±286 (116)	557±153(100)	482±136 (87)
2	1,279±254(100)	1,795±315*(140)	560±154(100)	340±106*(61)
3	1,289±270(100)	1,735±252*(135)	562±148(100)	474±128 (84)
6	1,281±272(100)	1,235±258 (96)	559±144(100)	543±140 (97)
10	1,286±256(100)	1,227±272 (95)	563±146(100)	558±152 (99)

The data are expressed as mean±SD with 5 animals in each group.  
Significant difference from original liver (\*;  $P < 0.05$ ).

Table 2. Activities of mitochondrial and microsomal monoamine oxidase B(MAO B) of regenerating liver in rats

Post hepatectomy day(s)	Mitochondrial MAO B ( $\mu$ mol ammonia formed/mg protein/min)		Microsomal MAO B	
	Original liver(%)	Regenerating liver (%)	Original liver(%)	Regenerating liver (%)
0.5	1,620±308(100)	1,612±313 (100)	655±160(100)	650±158( 99)
1	1,618±310(100)	1,912±348 (118)	653±164(100)	597±149( 91)
2	1,624±306(100)	2,401±368*(148)	656±157(100)	495±124( 75)
3	1,618±312(100)	2,396±382*(148)	649±154(100)	498±132( 77)
6	1,622±314(100)	1,595±286 ( 98)	646±154(100)	562±143( 87)
10	1,628±309(100)	1,604±302 ( 99)	648±156(100)	651±148(100)

The data are expressed as mean±SD with 5 animals in each group.  
Significant difference from original liver (\* ; P<0.05).

Table 3. Activities of mitochondrial and microsomal total monoamine oxidase(tMAO) of regenerating liver in rats

Post hepatectomy day(s)	Mitochondrial tMAO ( $\mu$ mol ammonia formed/mg protein/min)		Microsomal tMAO	
	Original liver(%)	Regenerating liver (%)	Original liver(%)	Regenerating liver (%)
0.5	2,826±425(100)	2,706±412 ( 99)	1,182±205(100)	1,189±212 (101)
1	2,790±420(100)	3,312±516 (119)	1,174±210(100)	1,081±192 ( 92)
2	2,816±442(100)	4,376±624**(155)	1,168±212(100)	802±178*( 69)
3	2,798±422(100)	4,230±534**(151)	1,173±208(100)	957±184 ( 82)
6	2,805±432(100)	2,970±538 (106)	1,175±213(100)	1,098±241 ( 93)
10	2,815±436(100)	2,827±429 (100)	1,176±214(100)	1,180±236 (100)

The data are expressed as mean±SD with 5 animals in each group.  
Significant difference from original liver(\* ; P<0.05, \*\* ; P<0.01).

시적으로 측정된 재생간의 mitochondria 및 microsomal의 tMAO 활성도는 표 3과 같다. 간염절제 후 재생간의 mitochondria 분획의 tMAO 활성도는 MAO A 및 B와 같이 2일 및 3일째 재생간에서 원래간에 비해 전자는 약 55%(p<0.01), 후자는 약 51%(p<0.01)의 증가를 보였으며 재생간의 microsomal 분획의 tMAO는 2일째 재생간에서 원래간에 비해 약 31%의 감소(p<0.05)를 보였다.

### 고 찰

흰쥐에서 간염을 절제하면 1일 내지 3일 사이에 간류간은 그 재생력이 활발해지며(김, 1968a ; 김, 1968b), 이때 간조직은 조직재생을 위해 핵산 및 단백질 합성이 상승(Becker, 1963 ; Lieberman과 Kane, 1965 ; Bucher, 1967 ; 김, 1968b ; 권과 유, 1969)되고 해독기능과 배설기능은 저하(정과 유, 1969)되는 등 물질대사의 심한 변동이 초래된다고 이미 잘 알려져 있다. 이와 같이 물질대사의 변동이 초래되는

간재생기에는 재생간에서 각종 효소들의 활성이 변동된다는 보고(Kasukada와 Lieberman, 1964 ; Fausto와 Van Lancker, 1965 ; Paris, 1972 ; Lamy 등, 1973 ; Okubo와 Chandler, 1974 ; Nawata와 Kamiya, 1975 ; Okubo 등, 1977 ; 박과 조, 1978 ; Clement, 1979 ; Sekas와 Cook, 1979 ; 박, 1980 ; Sheid, 1985 ; 김 등, 1986 ; 안과 박, 1987 ; 김 등, 1987 ; 문 등, 1988)들이 많다. 재생간이 활발한 시기의 재생간에서 그 활성이 증가되는 효소를 보면 5'-nucleotidase(안과박, 1987),  $\gamma$ -glutamyl transpeptidase (안과 박, 1987), malate dehydrogenase(김 등, 1986), adenosine amino hydrolase (Sheid, 1985), leucine aminopeptidase(박, 1980), sialyltransferase(Clement, 1979), alkaline phosphatase(박과 조, 1978), UDP-N-acetylglucosamine 2'-epimerase(Okubo 등, 1977), thymidine kinase(Nawata와 Kamiya, 1975), glucosamine synthetase(Okubo와 Chandler, 1974) 및 acid phosphatase(Lamy 등, 1973)를 들 수 있으며 그

활성이 감소되는 효소는 aspartate aminotransferase (문 등, 1988), xanthine oxidase(김 등, 1987), alanine aminotransferase(안과 박, 1987), superoxide dismutase(김 등, 1987), catalase(Lamy 등 1973), urate oxidase(Lamy 등, 1973), D-amino acid oxidase(Lamy 등, 1973), L- $\alpha$ -hydroxy acid oxidase(Lamy 등, 1973),  $\beta$ -glucuronidase(Paris, 1972), N-acyl sulfatase(Paris, 1972), C $\beta$ A reductase(Fritzson, 1967) 및 uracil reductase(Fritzson, 1967) 등이다.

이 실험에서 재생간의 mitochondria 분획의 MAO A, MAO B 및 tMAO의 활성도는 간엽절제 후 2일 및 3일째 재생간에서 현저히 증가되었으며 반면에 microsome 분획의 MAO A 및 tMAO의 활성도는 2일째 재생간에서 현저한 감소를 나타내었다. 이 성적인 간재생이 활발한 간조직에서는 mitochondria 분획의 MAO는 그 활성이 증가되고 microsome 분획의 MAO 활성은 감소된다는 것을 보여준 것이다.

앞에서 소개한 간재생이 활발한 시기의 재생간조직에서 그 활성이 증가 또는 감소하는 효소들과 이 실험 성적에서 MAO 활성의 변동을 볼 때 재생간에서 물질대사의 운용은 제동적인 것은 아닌 것으로 생각되며 재생간에서의 물질대사는 간재생에 주력하여 간의 재생을 위해 더 유리한 쪽으로 배사가 진행되도록 하는 것이라 생각된다.

이 실험에서 간엽절제 후 2일 및 3일째 재생간에서 mitochondria 분획의 MAO들의 활성 증가와 microsome 분획의 이의 활성 감소는 MAO가 단지 간재생이 활발한 시기에 특별히 조절받아 그 활성이 재생간의 세포 내 존재 부위에 따라 증감되는 효소라는 것을 암시했을 뿐 그 증감의 원인이 무엇인지는 이 실험만으로는 밝힐 수가 없으며 또한 이 효소의 활성 증감이 효소 합성의 증감인지 혹은 효율의 증감인지도 분명하지는 않다. 따라서 이를 해명하기 위해서는 앞으로 계속 추구해 보아야 하겠다.

**요 약**

흰쥐의 간엽을 부분절제한 후 각 시기의 재생간에서 MAO의 활성이 어떻게 변동되는가를 알아 보기 위하여 흰쥐의 간을 부분절제하고 10일 동안 재생간의 mitochondria 및 microsome 분획에서 MAO A, MAO B 및 tMAO를 측정하였다.

재생간의 mitochondria 분획의 MAO A, MAO

B 및 tMAO의 활성도는 간엽절제 후 2일 및 3일째 재생간에서 현저히 증가되었다. 그리고 microsome 재생간의 분획의 MAO A 및 tMAO의 활성도는 2일째 재생간에서 현저한 감소를 보였다. 그러나 microsome 분획의 MAO B의 활성도는 재생간에서 의의있는 변동을 보이지 않았다.

**참 고 문 헌**

안광옥, 박춘식 : 흰쥐 재생간의 5'-Nucleotidase 및 Glutamyl Transpeptidase의 활성치. 제명의 매 논문집 1987 ; 6 : 241.

Bardsley WG, Carbbe MGC, Scott IV : The amine oxidases of human placenta and pregnancy plasma. *Biochem J* 1974 ; 139 : 169.

Becker FF: Restoration of liver mass following partial hepatectomy. *Am J Pathol* 1963 ; 43 : 497.

Benson PF, Southgate J: Diminished activity of platelet monoamine oxidase in Down's syndrome. *Am J Hum Genet* 1971 ; 23 : 211.

Bucher MLR: Experimental aspects of hepatic regeneration. *N Engl J Med* 1967 ; 277 : 738.

Castren O, Saarikoski S: The simultaneous function of catechol-o-methyl-transferase and monoamine oxidase in human placenta. *Acta Obstet Gynec Scand* 1974 ; 53 : 41.

Challacombe DN, Sundler M, Southgate J: Decreased duodenal monoamine oxidase activity in coeliac disease. *Arch Dis Child* 1971 ; 46 : 213.

정우, 유효열 : 백서에 있어서 간엽절제 후 재생기간의 hippuric acid 합성 및 sulfobromophthalein의 담관배설에 관한 연구. 경북의대잡지 1969 ; 10 : 171.

Clement P: Effect of partial hepatectomy and hydrocortisone administration on liver and serum sialyltransferase activities. *Biochim Biophys Acta* 1979 ; 583 : 14.

Collins GGS, Sardler M, Williams ED, Youdim MBH: Multiple forms of human brain mitochondrial monoamine oxidase. *Nature* 1970 ; 225 : 817.

Corte LD, Tipton KF: The turnover of the A-and B-forms of monoamine oxidase in rat

- liver. *Biochem Pharmacol* 1980 ; 29 : 891.
- Costa MRC, Breakefield XO: Short communications. Distinct forms of monoamine oxidase expressed in hepatoma and HeLa cells in culture. *Biochem Pharmacol* 1979 ; 28 : 525.
- De Champlain J, Axelrod J, Krakoff LR, Mueller RA: Microsomal localization of monoamine oxidase in the heart and salivary gland. *Fed Proc* 1968 ; 27 : 399.
- Ekstedt B: Substrate specificity of the different forms of monoamine oxidase in rat liver mitochondria. *Biochem Pharmacol* 1976 ; 25 : 1133.
- Erwin SCVG, Greenawalt JW: The submitochondrial localization of monoamine oxidase. An enzyme marker for the outer membrane of the rat liver mitochondria. *J Cell Biol* 1968 ; 38 : 158.
- Fausto N, Van Lancker JL: Molecular mechanisms of liver regeneration. IV. Thymidyllic kinase and deoxyribonucleic acid polymerase activities in normal and regenerating liver. *J Biol Chem* 1965 ; 240 : 1247.
- Flowler CJ, Wiberg A, Gustavson KH, Winblad B: Platelet monoamine oxidase activity in Down's syndrome. *Clin Genet* 1981 ; 19 : 307.
- Fritzson P: Dephosphorylation of pyrimidine nucleotides in the soluble fraction of homogenates from normal and regenerating rat liver. *Eur J Biochem* 1967 ; 1 : 12.
- Gallagher BM: Multiple monoamine oxidase activities in heterogenous populations of mouse lung mitochondria. *Biochem Pharmacol* 1977 ; 26 : 935.
- Gornall AG, Bardawill CJ, David MM: Determination of serum protein by means of biuret reaction. *J Biol Chem* 1949 ; 177 : 751.
- Greenberg DM, Rothstein: Method for isolation and degradation of labeled protein, in: Colowick SP, Kaplan NO (eds): *Method in Enzymology*. Academic Press, New York 1957, Vol 4, p 708.
- Greenawalt JW, Schnaitman C: An appraisal of the use of monoamine oxidase as an enzyme marker for the outer membrane of rat liver mitochondria. *J Cell Biol* 1970 ; 46 : 173.
- Gressner AM: The diagnostic potential of the combined determination of serum monoamine oxidase and N-acetyl- $\beta$ -D-glucosaminase for fibroproliferative liver disease. *J Clin Chem Clin Biochem* 1983 ; 21 : 19.
- Guffroy C, Benedetti MS: Monoamine oxidase and semicarbazide-sensitive amine oxidase in spontaneously hypertensive and in normotensive control rats. *Life Sci* 1984 ; 34 : 535.
- Hayes BE, Counts DF, Kelley J, Clarke DE: A study of amine oxidases in bleomycin-induced pulmonary fibrosis. *Biochem Pharmacol* 1983 ; 32(15) : 2347.
- Hirano M, Kim JS, Saito M, Uchimura H, Ito M, Nakahara T: Short communication. Monoamine oxidase activities for serotonin and tyramine in individual limbic & lower brain stem nuclei of the rat. *J Neurochem* 1978 ; 30 : 263.
- Houslay MO, Tipton KF: A kinetic evaluation of monoamine oxidase activity in rat liver mitochondrial outer membranes. *Biochem J* 1974 ; 139 : 645.
- Ito K, Nakagawa J, Minakuchi CS, Fukase M: A clinical evaluation of serum monoamine oxidase, with special reference to hepatic fibrosis. *Digestion* 1971 ; 4 : 49.
- Kim BK: Enzyme nomenclature. IUB New York, Academic Press. 1979, p 82.
- 김종태 : 재생간의 in vitro 에 있어서의 단백합성과 humoral factor. 경북의대잡지 1968a ; 9 : 39.
- 김동성 : 백서에 있어서 간염절제 후 재생시기의 간 단백질 및 혈장단백의 합성속도에 관하여. 현대의학 1968b ; 8 : 192.
- 김여희, 문교철, 박춘식 : 흰쥐 재생간의 Malate Dehydrogenase 의 활성치. 계명의대논문집 1986 ; 5 : 124.
- 김여희, 문교철, 박춘식, 이상일 : 흰쥐 재생간의 Xanthine oxidase 의 활성치. 계명의대논문집 1987 ; 6 : 95.
- Kirchner JP, Castell DO: Serum monoamine oxidase: An index of hepatic fibrosis. *Gastroenterology* 1972 ; 62 : 771.

Ksakada K, Lieberman I: Metabolism of nucleolar ribonucleic acid after partial hepatectomy. *J Biol Chem* 1964 ; 239 : 1564.

박춘식 : 간엽부분절제한 흰쥐 혈청 및 재생간장의 Leucine Aminopeptidase의 활성도. 경북의대잡지 1980 ; 21 : 500.

박춘식, 조준승 : 흰쥐 재생간의 Alkaline phosphatase의 활성치. 한국생화학회지 1978 ; 11 : 151.

박춘식, 박정식 : 흰쥐 간세포 분획법. I. Mitochondria 및 Microsome의 분리. 제명의대논문집 1986 ; 5 : 45.

권기경, 유호열 : Ethionineol 백서 재생간의 단백질 함량에 미치는 영향. 경북의대잡지 1969 ; 10 : 183.

Lamy J, Lamy JN, Schmitt M, Weill J: Effect d'une hepatectomie minimale sur l'activité de la catalase et des oxydases peroxysomales du foie du rat. *Biochimie* 1973 ; 55 : 1491.

Lieberman I, Kane P: Synthesis of ribosomes in the liver after partial hepatectomy. *J Biol Chem* 1965 ; 240 : 1737.

McEwen CM Jr, Castell DO: Abnormalities of serum monoamine oxidase in chronic liver disease. *J Lab Clin Med* 1967 ; 70 : 36.

McEwen CM, Harrisson DC: Abnormalities of serum monamine oxidase in chronic congestive heart failure. *J Lab Clin Med* 1965 ; 64 : 546.

Moritz M, Snodgrass PJ : Serum enzymes derived from liver cell fractions. *Gastroenterogy* 1972 ; 62 : 93.

문교철, 김여희, 박춘식 : 간엽을 부분절제한 흰쥐 혈청 및 재생간의 Mitochondrial Aspartate Aminotransferase의 활성치. 제명의대논문집 1988 ; 7 : 1.

문교철, 박춘식 : 흰쥐 담즙울제간의 Monoamine oxidase의 활성치. 제명의대논문집 1989 ; 8권 게재예정.

Murphy DL, Belmaker R, Wyatt RJ: Monoamine oxidase in schizophrenia and other behavial disorders. *J Psychiat Res* 1974 ; 11 : 221.

Nagatsu T, Yagi K: A simple assay of monoamine oxidase and D-amino acid oxidase by

measuring ammonia. *J Biochem(Japan)* 1966 ; 60 : 219.

Nawata H, Kamiya T: Two molecular forms of thymidine kinase in the cytosol of regenerating rat liver. *J Biochem* 1975 ; 78 : 1215.

Nelson DL, Herbet A, Glowinski J, Hamon M: [<sup>3</sup>H] Harmaline as a specific ligand of MAO A-II. Measurement of the turnover rates of MAO A during ontogenesis in the rat brain. *J Neurochem* 1979 ; 32 : 1829.

Nilsson SE, Tryding N, Tufvesson G: serum monoamine oxidase(MAO) in diabetes mellitus and some other internal disease. *Acta Med Scand* 1968 ; 184 : 105.

Okubo H, Chandler AM: Regulation of glucosamine synthesis during the first twenty-four hours following injury and partial hepatectomy. *Proc Soc Exp Biol Med* 1974 ; 146 : 1159.

Okubo H, Shibata K, Ishibashi H, Yanase T: Regulation of N-acetylneuraminic acid synthesis following injury and partial hepatectomy. *Proc Soc Exp Biol Med* 1977 ; 155 : 152.

Ono T, Eto K, Sakata Y, Taketa M: Laboratory methods. A new colorimetric assay for monoamine oxidase in serum and its clinical application. *J Lab Clin Med* 1975 ; 85(6) : 1022.

Paris JE: Effect of whole body irradiation and puromycin on hydrolytic enzyme activation in regenerating rat liver. *Radiat Res* 1972 ; 50 : 592.

Racker E, Proctor H: Reconstitution of the outer mitochondrial membrane with monoamine oxidase. *Biochem Biophy Res Commun* 1970 ; 39(6) : 1120.

Rifenberick DH, Gamble JG, Max SR: Response of mitochondrial enzymes to decreased muscular activity. *Am J Physiol* 1973 ; 225 (6) : 1295.

Scheffler WC: *Statistics for the biological sciences*, ed 2. Menlo Park USA 1980, p 84.

Sekas G, Cook RT: The evaluation of liver function after partial hepatectomy in the rat:

- Serum changes. *Br J Exp pathol* 1979 ; 60 : 447.
- Sheid B: Adenosine aminohydrolase activity in the regenerating rat liver. *Aach Biochem Biophys* 1985 ; 238 : 259.
- Shih JHC, Eiduson S: Multiple forms of monoamine oxidase in developing brain: Tissue and substrate specificities. *J Neurochem* 1971 ; 18 : 1221.
- Suzuki O, Katsumata Y, Oya M, Matsumoto T: Preliminary communication. Effect of  $\beta$ -phenylethylamine concentration on its substrate specificity for type A and B monoamine oxidase. *Biochem Pharmacol* 1979 ; 28 : 953.
- Youdim MBH, WoodsHF, Mitclhel B, Grahame Smith DG, Callender S: Human platelet monoamine oxidase activity in iron-deficiency anemia. *Clin Sci Molecul Med* 1975 ; 48 : 289.