

마이크로파 조사에 의한 세포 미세구조의 고정 효과

신길상·김완중·전진석*
순천향대학교 자연과학대학 생명과학부
*계명대학교 자연과학대학 생물학과

Fixation of Cellular Ultrastructure by the Microwave Irradiation

Shin, Kil-Sang, Wan-Jong Kim and Jin Seok Jeon*
Department of Biology, Soonchunhyang University
*Department of Biology, Keimyung University
(Received August 28, 1996)

ABSTRACT

The microwave fixator has recently been introduced in morphological research. The present study was carried out to investigate the ultrastructural effects of microwave fixation of rat brain, kidney, liver and skeletal muscle tissues.

The results are as follows: In the case of microwave fixed cerebrum, the cytoplasmic processes of neurons and the various membranous organelles such as nuclear envelope, mitochondria, rough endoplasmic reticulum and Golgi apparatus were well preserved. The myelin sheath wrapping neuronal axon was prominent. Microwave fixed hepatocytes showed the microvilli on the free surface of bile canaliculus, the evident nucleolar components, and typical organelles. In nephron, ultrastructures of glomerulus and Bowman's capsule were preserved, and also tubular wall were structurally observed. Among the skeletal muscle cells, plentiful collagen fibers were appeared, myofibrils and mitochondria were typically observed.

In conclusion, the microwave fixation procedures result in an good preservation of the tissues and would be time- and reagent-saving.

Key words : Microwave, Ultrastructure, Tissues, Preservation

서론

현미경으로 조직표본을 관찰하기 위한 생체시료 고정 과정에서 aldehyde 계통의 화학고정액을 이용하는 방법

이 흔히 사용되고 있다. 이러한 화학고정 (chemical fixation)은 고정액에 의해 조직내 용해성 단백질의 변성이 일어나 불용성 상태로 전환됨으로써 가능해지는데, 이 경우 고정액의 조직내 침투는 확산에 의해 이루어지므로 일정한 고정시간이 요구되며 시료의 크기에 제한이 있을

뿐만 아니라, 세포 구조변화가 야기될 가능성도 제시되어져 왔다. 더우기 고정액의 종류, pH, 혹은 온도에 따라 표본 관찰시 조직의 염색정도와 미세구조 보존력에 있어서도 차이를 보이는 것으로 알려져 있다(Fox 등, 1985). 이러한 단점들을 보완하기 위해 냉동절편 방식도 채택되고 있으나 구조 보존력이 약하고 조직의 크기에도 제한이 있어서 특수한 목적을 위해서만 사용되고 있는 실정이다.

화학고정의 단점들을 보완하기 위한 방법들의 하나로서 1970년 이후 마이크로파(microwave)를 이용한 새로운 조직고정법이 개발되어 응용되어지고 있다. 마이크로파 조사에 의한 생체시료의 고정법은 물리고정(physical fixation) 방법의 하나로써, 생체시료에 마이크로파를 조사할 경우 조직내 ion들의 전도를 증가시키고 양극성 분자들을 회전시켜 변성을 유도함으로써 고정효과를 나타내는 것으로 알려져 있다(Schmidt 등, 1971; Gordon과 Daniel, 1974; Fernand와 Kar, 1987). 따라서, 마이크로파 조사에 의한 고정은 조직에서의 단백질 유출을 감소시키고, 빠른 시간내에 고정이 이루어지며 몇몇 염색시약과의 반응속도를 증가시키는 것으로 보고되어져 면역세포화학적 연구 등의 실험과정에 많이 적용되어지고 있다(Hopwood 등, 1984; Haruna 등, 1990). 마이크로파에 의한 조직 고정의 기작은 열에 의한 것으로 알려져 있었으나(Mayer, 1970; Bernard, 1974), 체온 이하의 온도조건에서도 고정효과가 나타나는 것으로 보아서, 열 이외의 또 다른 기전이 있을 것이라는 주장들도 있다(Login과 Dvorak, 1986; Login 등, 1987; Yasuda 등, 1990).

마이크로파를 이용한 초기의 생체시료 고정에 관한 연구는 주로 가정용 마이크로파 오븐(전자렌지)을 사용하였으나, 이는 조사 시간만을 조절할 수 있게 제작되어 있어서 고정시 생체시료의 온도를 정확하게 알 수 없을 뿐만 아니라 기종에 따라서 조사되는 부위도 불규칙하는 등 시료의 고정효과가 일정하지 않은 실정이다.

본 연구자들은 이러한 단점들을 보완하기 위해 실험실에서 생체시료의 고정기로 사용할 수 있는 장치를 개발하였다. 즉 마이크로파에 의한 물리고정법을 사용할 때 시료처리가 비교적 신속하고 염색시약과 조직간의 화학반응이 증가된다는 사실을 기초로 하여, 마이크로파 장(field) 내의 시료가 받는 온도를 측정하는 비접촉식 적외선 온도

감응기(infrared temperature sensor)를 장착한 마이크로파 고정기를 고안한 바 있으며(Shin, 1994), 보다 정확한 고정온도를 측정하기 위하여 새로운 thermopile을 사용하여 고정시 발생하는 주변온도의 상승 효과를 보상할 수 있는 기종으로 개량하였다(Shin 등, 1995).

본 연구에서는 상기 보고들을 토대로 새로 개발된 마이크로파 고정기를 사용하여 고정에 적절한 온도를 설정하고, 표본을 제작하였을 경우 전체 표본제작 과정을 단축할 수 있었으며, 흰쥐의 몇몇 기관들을 대상으로 전자현미경 표본제작에 응용하였던 바, 미세구조의 고정이 확인되는 유의한 결과를 얻었기에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용된 실험동물은 Sprague-Dawley 계통의 흰쥐이고, 일정하게 조절된 동물실 내에서 기초사육 후 희생시켜 대뇌, 신장, 간 및 대퇴근 조직을 적출하여 실험재료로 하였다.

2. 마이크로파 고정기

조직고정은 비접촉식 적외선 온도 감응기(infrared temperature sensor)를 장착하여 제작된 마이크로파 고정기(경창사 제품, 한국특허 17702 및 4개국 특허출원)를 개량하여 사용하였다(모델; KC 500 A). 이 기기는 thermopile을 사용하여 비교적 정확한 고정온도를 측정하고 고정시 상승하는 고정기내의 온도를 보상할 수 있도록 제작되었다. 고정기의 출력은 500 W이고 10단계 gate에 2단계 신호로 조절이 가능하여 전체 20단계의 조절기능을 갖고 있다. 또한 이 고정기에 장착된 적외선 온도 감응기의 온도 측정편차는 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 였다. 마이크로파 조사 후 시료의 온도는 정밀도가 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 인 chromium-nickel thermocouple(Fluke사)의 끝을 시료속에 삽입하여 측정하거나 생리식염수의 온도를 측정하여 확인하였다. 이때 생리식염수와 시료의 온도 차이는 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 정도였다. 마이크로파 고정기의 구성도를 Fig. 1에 나타내었다.

3. 조직고정 및 현미경 표본제작

30 ml 생리식염수내에서 마이크로파를 조사하여 고정

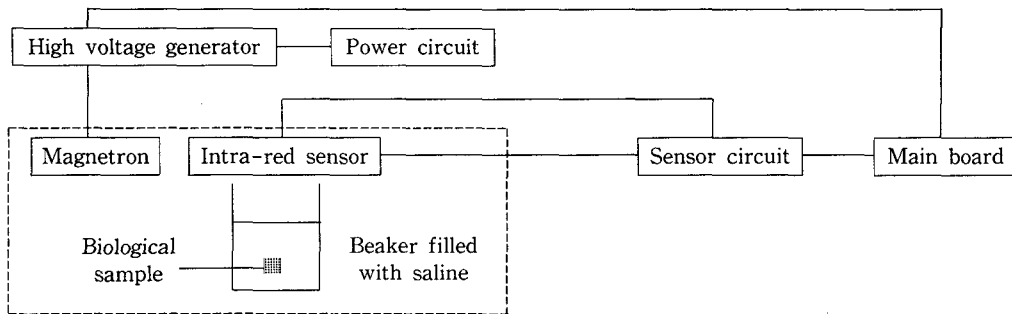


Fig. 1. The block diagram of the microwave oven used for fixation in this study.

(25초, 온도 28°C)한 시료는 1% OsO₄로 1시간 동안 고정하였으며, 이후 통상적인 전자현미경 표본제작 방법으로 초박절편(두께: 60 nm~70 nm)하여 uranyl acetate와 lead citrate로 이중염색하고 투과 전자현미경(JEM 1010)으로 관찰하였다.

결 과

비접촉식 적외선 온도감응기가 장착된 마이크로파 고정기를 개발하여 전자현미경 시료 고정에 적용하였다. 마이크로파 조사에 의한 흰쥐 조직들의 고정효과를 알아보기 위하여 통상적인 전자현미경 표본제작시 전고정과정에서 사용되는 glutaraldehyde 용액에 의한 화학고정 과정을 생략하고 물리고정으로 대신하여 다양한 종류의 세포들의 소기관들과 세포성분들의 미세구조적 보존상태를 관찰하였다.

본 실험에서 세포의 전체적인 형태, 세포간 공간 및 세포의 물질이나 결합조직 성분들의 보존상태가 양호하였으며, 혈관 혹은 혈액세포들도 대부분의 조직에서 잘 관찰할 수 있었다.

마이크로파로 고정한 대뇌 피질부의 미세구조를 보면, 신경세포의 세포체와 수상돌기 혹은 축삭돌기(axon) 등의 보존이 우수한 것으로 나타났다. 신경세포의 핵은 난형으로 이중막인 핵막에 의해 둘러싸여져 있고, 핵질의 분포도 전형적인 모습을 나타냈다. 세포질내에서 다소 팽창된 조면소포체와 유리 리보솜이 관찰되고, Golgi 복합체와 소낭들을 비롯하여, 미토콘드리아의 크리스테도 발달하고 있는 특징들을 볼 수 있었다(Fig. 2). 한편, 축삭돌기의 단면을 보면, 내부에 하나 혹은 두 개의 미토

콘드리아가 분포하고 있었고 외측은 희소돌기교세포(dendrocyte)에 의해 형성된 10여층의 수초로 감겨져 있음을 관찰할 수 있었다(Fig. 3).

신장의 기능적 단위인 신단위(nephron)의 미세구조를 보면, 일단은 모세혈관으로 이루어진 사구체를 Bowman 주머니가 둘러싸고 있었다. Bowman 주머니는 내층(장축층)과 외층(벽축층)으로 구성되어 있는데, 외층은 기저막에 의해 지지되고 있는 단층의 세포로 구성되어 있고 내층은 수 많은 세포질돌기들을 지닌 족세포(podocyte)로 이루어져 있는 등 전형적인 구조를 관찰할 수 있었다(Fig. 4). 한편, 근위세뇨관의 단면도를 보면, 단층의 입방 혹은 원주 상피들은 교소체(desmosome)에 의해 서로 연결되어 있으며, 다수의 기다란 미토콘드리아가 세포 장축으로 배열되어 있고 미세용모들이 유리면으로 발달하고 있었으며, 기저부에서 세포질의 함입으로 미로(labyrinth)를 형성하고 있었다(Fig. 5).

간조직을 마이크로파로 고정한 후, 간 실질세포들을 관찰한 경우에도 대체로 일반적인 화학고정에 의한 소견과 유사하였다. 다면체의 간세포들은 인접한 세포 사이에서 담세관을 형성하고 유리면으로 작은 세포질돌기들을 형성하고 있었다. 핵내에서는 섬유성 성분과 과립성 성분으로 구성되어 있는 하나 혹은 두 개의 인들이 분포하였고 핵공도 관찰할 수 있었다. 세포질내에서 구형 혹은 난형의 미토콘드리아의 크리스테가 발달하고 있었고, 조면소포체와 유리 리보솜들도 잘 나타나 있었다. 또한 글리코겐 입자들도 활면소포체에 인접하여 전자밀도가 높은 상태를 보였고 드물게 지방적들도 관찰할 수 있었다(Fig. 6).

마이크로파로 고정된 대퇴근의 근섬유의 미세구조도

화학고정한 일반적인 소견과 유사하게 관찰되었다. 근섬유들의 외측에서는 교원섬유(collagen fiber)들이 발달하고 있었고, 세포질내에서는 근원섬유(myofibril)들이 규칙적인 배열을 하고 있었으며 근원섬유들 사이에 분포하는 커다란 미토콘드리아는 크리스테가 잘 발달하고 있음을 관찰할 수 있었다(Fig. 7).

고 찰

본 연구는 마이크로파에 의해 동물조직의 고정효과를 확인하여 보고하고자 하였다. 통상적인 화학고정에 의해 제작된 흰쥐의 대뇌피질, 신장, 간 및 대퇴근 조직의 미세구조에 관해서는 잘 알려져 있는 바, 본 관찰결과에서는 물리고정한 경우와 비교하지 않았다.

세포나 조직의 내부구조를 현미경으로 관찰하기 위해 거치게 되는 고정 과정은 자가분해(autolysis)를 억제하여 가능한 한 살아있는 상태로 보존하고 표본으로 제작하기 위한 과정이다. 이 경우 화학고정법이 널리 사용되어 왔는데, 여러 가지 고정액의 종류에 따라 단백질 혹은 지질과 같은 생체물질들이 추출되어 고정의 질(quality)에 부정적인 영향을 줄 수 있는 것으로 알려져 있어서(Buenett, 1982), 이러한 단점을 보완하기 위한 시도들이 이루어지고 있는 실정이다(Patterson과 Bulard, 1980; Fox 등, 1985; Mizuhira 등, 1990; Notoya 등, 1990).

마이크로파는 2.45 GHz의 진동수와 $1.5 \sim 1 \times 10^{-3}$ m의 파장을 갖는 일종의 전자파(electromagnetic wave)로서 알려져 있고, 이 마이크로파가 생체시료에 도달하면 반사되거나 조직속으로 침투 또는 통과하는데, 이때 40% 정도의 에너지가 조직속으로 흡수된다(Login 등, 1987). 따라서, 마이크로파는 조직속의 수분 혹은 단백질의 극성분자들을 1초에 수십억 회의 주기로 극성을 변화시켜, 분자의 운동에너지가 1,200배나 증가하여 열을 발생하므로써 고정효과를 얻을 수 있다고 알려져 있다(Hafiz 등, 1985; Yamashina 등, 1990). Hopwood 등(1984)에 의하면 마이크로파는 분자들의 용해도를 감소시키고 황화물을 형성하므로써 변성이 일어나 고정효과를 나타낸다고 보고한 바 있다. 그러나 다른 보고들과 본 연구자들이 이미 보고하였던 실험 결과로 보면, 얼음을 채운 비이커속에 시료를 넣고 마이크로파를 조사하여 시

료를 고정하여 시료 주위 용액의 온도가 약 28°C였을 때에도 조직의 고정효과는 얼음이 없을 때와 유사하였다. 이러한 결과는 마이크로파 고정이 열 외의 다른 작용에 의하여 고정효과가 나타날 수 있다는 사실을 뒷받침하는 내용이다(Shin, 1994). 뿐만 아니라 조직 시료를 마이크로파로 고정할 때 동일한 양의 생리식염수와 동일한 시간동안 마이크로파를 조사해도 조직의 표면구조, 고정기속의 조직 위치에 따라 시료의 온도는 상이하였으며, 이때에도 일반적인 고정 효과는 있는 것으로 보고된 바 있다(Petrere와 Schardein, 1977; Leong과 Milios, 1986; Login과 Dvorak, 1994). 이와 같이 마이크로파에 의한 조직시료의 고정 기작과 정도를 측정하기 위한 기준이 알려져 있지 않으므로 조직시료나 시료 주위 생리식염수의 온도 변화를 측정하므로써 고정 정도를 판단하였다.

마이크로파를 이용한 고정법은 결과에서 본 바와 같이 세포내외의 성분들과 세포소기관들의 미세구조 보존효과가 있으며, 특히 미토콘드리아, 조면소포체 및 골지복합체와 같은 막성구조들이 뚜렷이 보존됨을 알 수 있었으며 조직화학, 생화학실험에도 응용될 수 있다고 생각된다. 마이크로파로 고정한 최적의 실험군은 생리식염수 30 ml, 고정시간 25초, 고정온도는 $28 \pm 3^\circ\text{C}$ 에서 고정한 시료였다. 이들 시료는 전자현미경적 소견상 구조 보존력, 염색성, 명암의 대조 등에서 우수하였다. 또한 마이크로파를 사용하여 고정할 때는 고정속도가 대단히 신속하여 고정시간이 초(second) 단위로 종료되고, 시료의 크기에 비교적 제한을 받지 않았으며, 화학 고정액을 사용하지 않았으므로 세척시간과 용액을 최소한 줄일 수 있는 등, 경비와 시간이 절약되고 고정의 질에 직접 영향을 미치는 조직내 단백질이 추출되는 정도가 화학고정에 비교하여 현저하게 적었다. 뿐만 아니라 전자현미경상에서도 막구조 및 세포성분들이 비교적 잘 보존되었던 것으로 보아 마이크로파 고정법이 통상적인 전자현미경 표본제작에도 응용될 가능성을 제시하고 있다(Shin 등, 1995; Giberson과 Demaree, 1996).

마이크로파로 고정된 조직 관찰에서 우수한 염색성을 보여주었던 것은 마이크로파 고정 후 시료에 존재하는 단백질의 양과 관계가 있는 것으로 생각된다. 본 연구자들이 보고(Shin 등, 1995)하였던 바와 같이, 물리고정 후 조직내 단백질의 함량 및 band 양상이 신선한 조직과

비교해 비슷한 결과를 보였으나, 화학고정한 군에서는 뚜렷이 적은 것으로 측정되었으며, 특히 저분자량의 단백질들은 대부분 소실되는 것으로 알려져 있다. 즉 마이크로파로 조사된 군에서는 화학고정한 군에 비해 고정시 추출되는 단백질이 거의 없는 것으로 나타났고, 세포구조의 고정효과가 양호하였다. 따라서 이러한 마이크로파에 의한 고정은 조직내 단백질들이 교차결합(cross-linking)에 의해 나타나는 효과라고 여겨진다(Webber 등, 1980; Chew 등, 1983; Leong과 Gilham, 1989). 한편, 화학고정액으로 사용되는 오스뮴산도 지질과 교차결합하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 물리고정에 의해 부분적으로 세포 구조의 고정이 선행된 후 오스뮴산에 의해 막의 지질성분이 더욱 견고하게 고정된 것으로 생각된다. 이러한 마이크로파 고정 효과는 구체적으로 조직시료의 구조 보존, 절편제작, 명암의 대조, 염색시간의 단축등으로 요약될 수 있다. 이러한 결과는 마이크로파 조사시 염색시약의 침투를 촉진하고, 결국 단백질의 양이 염색부위에 영향을 주고, 발색정도에 영향을 주는 요인으로 생각되어진다. 또한 본 실험에서 사용되어진 고정온도(28°C)는 지금까지 보고된 고정온도 중 가장 낮은 온도로서 흰쥐의 체온보다도 낮은 온도였다.

결론적으로 마이크로파에 의한 생체시료의 고정기전이 보다 명확하게 밝혀져야 할 것으로 보이며, 다양한 조직에 적합한 조건, 즉 최적의 고정시간과 고정온도가 설정되어지면 마이크로파에 의한 고정은 현미경 표본제작 과정에서 신속하면서도 우수한 효과를 가지는 방법으로 사료된다.

결 론

통상적인 전자현미경 표본제작시 전고정과정에서 적용되는 glutaraldehyde 고정(화학고정) 대신 마이크로파 조사(물리고정)에 의한 세포내외의 성분들과 소기관들의 고정효과를 알아 보고자, 흰쥐의 기관들을 대상으로 미세구조 관찰을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

마이크로파 조사로 전고정된 대뇌 피질부의 미세구조를 보면, 신경세포의 세포질돌기들과 여러 종류의 막성 소기관들이 잘 보존되어 있었고 신경세포의 축색을 둘러싸고 있는 수초의 관찰도 용이하였다. 신단위 관찰 결과, 사구체와 보우만 주머니의 미세구조는 물론 기저막도 잘

보존되어 있었으며, 세뇨관벽의 막미로 혹은 세포소기관들의 구조와 배열도 뚜렷이 관찰할 수 있었다. 간세포의 경우, 담세관의 자유면에 형성된 미세융모들을 뚜렷하게 확인할 수 있었고, 핵내에서 인을 구성하는 섬유성 부위와 과립성 부위의 구별도 가능하였으며 세포질내 성분과 세포소기관들도 전형적인 모습을 나타내고 있었다. 한편, 대퇴근 조직의 경우 근섬유들 외핵에서 결합조직 성분인 교원섬유들도 잘 나타나고, 근섬유내 근원섬유 혹은 근세사들의 배열과 크리스테가 발달한 미토콘드리아도 잘 보존되어 있었다.

결론적으로, 생체조직들을 마이크로파로 전고정하여 표본제작하여 관찰하였던 바, 세포 내외의 성분들과 막성 세포소기관들의 보존이 양호한 편으로 생각되며 이의 응용이 가능할 것으로 간주된다.

참 고 문 헌

- Bernard GR, 1974. Microwave irradiation as a generator of heat for histological fixation. *Stain Tech.* 49, 215-224
- Buenett MG, 1982. The mechanism of the formaldehyde clock reaction. *Chem. Edu.* 59, 160-162
- Chew EC, Riches DJ, Lam TK, Chan HJ, 1983. A fine structural study of microwave fixation of tissue. *Cell Biol. Int. Rep.* 7, 135-139
- Fernand ML, Kar NL, 1987. Microwave fixation in diagnostic renal pathology. *Pathol.* 19, 17-21
- Fox CH, Johnson FB, Hiting J, Rotter PP, 1985. Formaldehyde fixation. *J. Histochem. Cytochem.* 33, 845-853
- Giberson RT, Demaree RS, 1996. Microwave fixation: Understanding the variables to achieve rapid reproducible results. *Micros. Res. Tech.* 32, 246-254
- Gordon HW, Daniel EJ, 1974. Preliminary report: Microwave fixation of human tissues. *Am. J. Med. Tech.* 40, 441-442
- Hafiz S, Spencer RC, Lee M, Gooch H, Duerden BI, 1985. Use of microwaves for acid and alcohol fast staining. *J. Clin. Pathol.* 38, 1073-1075

- Haruna N, Monden T, Morimoto M, 1990. Use of rapid microwave fixation technique for immunocytochemical demonstration of tumor necrosis factor, interleukin-1 α and interleukin-1 β in activated human peripheral mononuclear cells. *Acta Histochem. Cytochem.* 23, 563-573
- Hopwood DG, Coghill J, Ramsay GM, Kerr M, 1984. Microwave fixation: Its potential for routine techniques. *Histochemistry, immunocytochemistry and electron microscopy.* *Histochem. J.* 16, 1171-1192
- Leong ASY, Gilham P, 1989. A new, rapid microwave-stimulated method of staining melanocytic lesions. *Stain Tech.* 64, 81-85
- Leong ASY, Milios J, 1986. Rapid immunoperoxidase staining for label lymphocyte antigens using microwave irradiation. *J. Pathol.* 148, 183-187
- Login GR, Dvorak AM, 1986. Microwave energy fixation for electron microscopy. *J. Histochem. Cytochem.* 34, 381-387
- Login GR, Dvorak AM, 1994. Methods of microwave fixation for microscopy. *Prog. Histochem. Cytochem.* 27, 72-94
- Login RG, Schmitt SJ, Dvorak AM, 1987. Methods in laboratory investigation. Rapid microwave fixation of human tissues for light microscopic immunoperoxidase identification of diagnostically useful antigens. *Lab. Invest.* 57, 585-591
- Mayer CP, 1970. Histological fixation by microwave heating. *J. Clin. Pathol.* 3, 273-275
- Mizuhira V, Notoya M, Hasegawa H, 1990. New tissue fixation method for cytochemistry using microwave irradiation. *Acta Histochem. Cytochem.* 23, 501-523
- Notoya M, Hasegawa H, Mizuhira V, 1990. New tissue fixation method for cytochemistry by the aid of microwave irradiation. *Acta Histochem. Cytochem.* 23, 525-536
- Patterson MK, Bulard R, 1980. Microwave fixation of cells in tissue culture. *Stain Tech.* 55, 71-75
- Petrere MK, Schardein JL, 1977. Microwave fixation of fetal specimens. *Stain Tech.* 52, 1113-1116
- Schmidt MJ, Schmidt DE, Robinson GA, 1971. Cyclic adenosine monophosphate in brain areas: Microwave irradiation as a means of tissue fixation. *Sci.* 173, 1142-1143
- Shin KS, 1994. The fixation effects of biological specimen using microwave oven equipped with infrared-temperature sensor. *Kor. J. Zool.* 37, 144-155
- Shin KS, Min SY, Kim WJ, Son TH, 1995. Fixation and histochemistry of biological tissues using the microwave fixator equipped with infrared-temperature sensor. *Kor. J. Zool.* 38, 417-425
- Webber MM, Barnes FS, Seltzer LA, Bouldin TR, Prasad KN, 1980. Short microwave pulses cause ultrastructural membrane damage in neuroblastoma cells. *J. Ultrastr. Res.* 71, 321-330
- Yamashina S, Katsumata O, Sekine R, 1990. Evaluation of microwave irradiation in immunohistochemical reaction. *Acta Histochem. Cytochem.* 23, 553-562
- Yasuda K, Yamashita S, Aiso S, Shiozawa M, 1990. Microwave fixation; Examination of temperature in tissues during irradiation. *Acta Histochem. Cytochem.* 23, 537-551

FIGURE LEGENDS

Electron micrographs of rat tissues pre-fixed by microwave irradiation.

Abbreviations

BC : bile canaliculus	BL : basal lamina
C : collagen fibers	Go : Golgi apparatus
Ly : lysosome	Mi : mitochondrion
MS : myelin sheath	Mv : microvilli
No : nucleolus	Nu : nucleus
PL : parietal layer of Bowman's capsule	rER : rough endoplasmic reticulum
U : urinary space	Va : vacuole
VL : visceral layer of Bowman's capsule	Z : Z line

* Each scale bar on the figures equals 1 μ m.

- Fig. 2.** Part of cerebral cortex showing the cell body, dendrites, and cross sectioned axons (arrow heads). Membranous organelles such as nuclear envelope, mitochondria, rough endoplasmic reticulum, and Golgi apparatus are well preserved.
- Fig. 3.** A myelinated neuronal axon is seen in cross section. Around the axon is seen the cytoplasm of oligodendrocytes.
- Fig. 4.** A renal corpuscle including the parietal layer of Bowman's capsule, the urinary space, glomerular capillary, and the visceral layer of Bowman's capsule. Basal lamina is also apparent.
- Fig. 5.** Part of a proximal convoluted tubule showing the obliquely sectioned microvilli, a lysosome, and the mitochondria.
- Fig. 6.** Parts of two hepatocytes showing the microvilli in bile canaliculus lumen and the junctional complexes (arrows). In the cytoplasm, mitochondria, rough endoplasmic reticulum, and glycogens (arrow heads) exhibit the characteristic appearance. And also, the nucleolar components are evident.
- Fig. 7.** The obliquely sectioned muscle cells. Outside the cells are numerous collagen fibers. Note the mitochondria between adjacent myofibrils.

