

# 數種 抗菌劑 處理에 依한 *Escherichia coli* 의 微細構造 變化

延世醫大 電子顯微鏡室, 微生物學教室\*

滕永健 · 高春明\* · 金聖光\*

= Abstract =

## Cytological Changes Associated with the Exposure of *Escherichia coli* to Several Disinfectants: An Ultrastructural Study

Deung, Young Kun, Koh, Choon Myung\*, and Kim, Sung Kwang\*

Electron Microscopy Laboratory and Dept. of Microbiology\*, Yonsei University,  
College of Medicine, Seoul, Korea

An electron microscopic study has been made of the effects of change of cell structure of *Escherichia coli* treated with several disinfectants.

The alterations observed are as follows:

1. Nucleoid, cytoplasm which contain ribosomes and cell wall appeared to be composed of a parallel triple-layered membrane can observed in control *Escherichia coli*.
2. The nuclear material was no longer demonstrable in its normal sites. The cytoplasm lost its granularity, became homogeneous and disruption of cell wall were observed by the treatment with 70% ethyl alcohol and 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
3. Aggregation of ribosomes and condensation of nuclear material were also observed by the treatment of 5% lysol solution and 1% dodecyl-diamino-ethyl-glycin-hydrochloride.
4. In autoclaved group, the each layer of cell wall was separated and destroyed in some sites where cytoplasm was extracted.

## I. 서 론

전자현미경을 이용한 연구가 종래에는 그 표본제작 및 기계작동이 복잡하고 또한 보급의 미비로 여러 연구 분야에서 제한을 받아왔다. 그러나 근년에 와서 전자현미경의 보급이 현저히 많아졌고 또 그 표본제작 기술등이 향상되어 여러 방면에서 이를 이용한 연구가

활발히 진행되고 있으며 특히 의학분야 중 미생물학부 문에서도 이를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다고 할 수 있다.

현재까지 알려진 바에 의하면 각종 항균제들은 세균에 작용하여 단백질의 응고, 游離 sulfhydryl 基의 제거, 세포벽 및 세포막의 파괴, 화학적인 길항작용등, 몇가지 방법에 의하여 항균력을 나타낸다고 알려져 왔다.

이와같이 항균력을 가지고 있는 물질들, 즉 抗菌劑를 세균에 작용시켜 이들 세포의 미세구조 변화에 대

\* 본 연구는 1975년도 연세대학교 의과대학 교수연구비로 진행된 것임

하여 연구한바를 살펴보면, Chapman(1962)은 *Pseudomonas aeruginosa*와 *Bacillus megaterium*을 colistin sulfate 에 처리하여 그 세포구조 변화를 관찰하였고, Matsumoto(1970-a, 1970-b, 1973) 등은 *Chlamydia psittaci*의 세포벽의 미세구조에 대하여 전자현미경으로 관찰하고 이어 이 균주를 polymyxin B sulfate 및 penicillin 등에 처리하여 세포벽을 중심으로 형태학적 변화를 추구한 바 있으며, Burdash 등(1968)은 cephalothin을 *Proteus vulgaris*에 작용시켜 그 미세구조 변화에 대하여 기술한 바 있다. 또한 Few (1954)는 세균에 항생제의 일종인 polymyxin E를 Hash와 Davies(1962)는 *Staphylococcus aureus*에 tetracycline을 처리하여, Salton 등 (1951)은 세균들에 화학물질인 cetyltrimethyl ammonium bromide를 처리하여 그 미세구조를 규명한 바 있기도 하다.

한편 *Escherichia coli*를 이용, 이의 미세구조 규명 및 여러가지 약제 처리에 대한 연구결과를 보면 Huxley와 Zubay(1960)는 전자현미경을 이용하여 *Escherichia coli*의 microsomal particles에 대하여, De Petris(1967)은 세포벽의 미세구조 및 각 구성층의 화학적 특성에 대하여, Conti 및 Gettner(1962)는 세포분열 그리고 Cota-Robles (1963)는 원형질 분리현상에 대하여 전자현미경을 이용하여 그 미세구조에 대하여 관찰한 바 있다. 또한 Woldringh 등(1972)도 계면활성제의 일종인 SDS (Sodium Dodecyl Sulfate)를 *Escherichia coli*에 처리하여 그 변화양상을 전자현미경으로 규명한 바 있으며 Kaye와 Chapman(1963)은 colistin sulfate를 처리하여 그 항균작용에 대하여 규명하고자 함과 아울러 이와 연관된 세포학적 변화를 관찰한 바 있다. 또한 Woldringh(1973)은 *Escherichia coli*에 Toluene 및 Penethyl alcohol를 처리하여 그에 수반된 미세구조 변화를 보고하는등 이 이외에도 많은 학자들이 이와 연관된 일련의 실험을 실시하고 그 결과를 발표한 바 있다.

그러나 실험적으로 세균에 자기 상이한 항균력을 함유하고 있는 항균제를 처리하여 미세구조 변화에 대하여 비교 연구한 바는 별로 찾아 볼 수 없는 실정이다.

이에 저자들은 현재까지 알려진 항균제중 쉽게 구입할 수 있고 광범위하게 사용되고 있는 항균제중 몇가지를 이용하여 그람 음성균의 일종인 *Escherichia coli*에 일정한 시간 처리한 후 그 세포의 세포학적 변화양상을 전자현미경을 통하여 관찰하였던 바 그 결과를 얻을 수 있었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1) 실험에 사용한 균주

본 실험에 사용한 균주는 본 미생물학 교실에서 계대보관 중인 균주로서 *Escherichia coli* ATCC 11115 균주를 사용하였다.

### 2) 실험에 사용한 항균제 및 농도

본 실험에 사용한 화학제제의 항균제로서는 Ethyl alcohol, Lysol, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, DDEGH (Dodecyl diamino-ethyl-glycin-hydrochloride) 등 4종이 있으며 물리적인 방법에 의한 방법의 한가지인 고압멸균에 의한 처리도 실시하였다. 항균제의 농도는 실험실 및 임상에서 사용하는 70% ethyl alcohol, 5% lysol, 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 및 1% DDEGH로 희석하여 사용하였다.

### 3) 실험균주의 배양

실험균주의 배양방법으로서는 brain heart infusion 액체배지에 일정량의 균주를 접종한 후 18시간 동안 37°C 항온기에서 정치배양하여 사용하였다.

### 4) 항균제의 처리방법

항균제의 처리방법으로서는 각각의 농도로 희석된 항균제를 18시간 brain heart infusion 액체배지에서 배양된 실험균주를 3,000 r.p.m.으로 원심시켜서 얻은 균주에 각각 10분 및 1시간 처리하였으며, 고압멸균법에 의한 처리방법으로서는 통상방법에 준하였다.

### 5) 전자현미경적 방법

위와같이 처리한 균주는 각각 신속히 0.2M phosphate buffer에 2회 세척한 다음 0.2 M phosphate buffer (pH 7.2)으로 완충된 4% glutaraldehyde에 0~4°C에서 4시간 이상 고정한 후 상기 완충액으로 재차 세척하고 1% agar에 가포매하였다.

다시 상기완충액으로 조정된 pH 7.2의 1% osmium tetroxide에 2시간 후 고정을 행하고 Ethanol 농도 상승순으로 탈수를 실시한 후 cleaning agent로서 propylene oxide를 사용하고 Epon 812에 포매하였다.

초박절편은 Sorvall MT-2 B형 ultramicrotome으로 glass knife를 사용하여 600Å 정도의 두께로 만들었으며 포화 uranyl acetate와 lead citrate로 2중 염색한 다음 Hitachi HU-11 E형 전자현미경으로 관찰하였다.

### III. 실험결과

#### 1) 대조군

대조군에서의 모양은 간균의 구조를 나타내며 長徑은  $2\mu$  내외, 短徑은  $0.8\mu$  정도로서 외부는 서로 평행하게 달리는 3층의 단일막으로 형성된 세포벽에 의하여 둘러싸여 있으며 제일 내부의 막 안쪽에 따라서 부명한 층이 나타나고 있고 세포질은 개개의 粒子모양으로 된 ribosome 들이 polysome 또는 polyribosome의 형태를 나타내고 있었다.

또한 nucleoid 부위는 전자밀도가 낮고 filament 樣 핵물질이 산재하여 있는 형태로서 정상적인 大腸菌의 미세구조를 관찰할 수 있었다(Fig.1).

#### 2) 70% ethyl alcohol 용액 처리군

70% ethyl alcohol 용액 처리군에서는 10분 경과 1시간 군에서 모두 세포벽의 외부에 크기가 비교적 일정한 단일막으로 형성된 소공포가 부착되어 있거나 주변에 산재하고 있었다.

세포벽은 본래의 3층 구조를 그대로 갖고 있었으나 굴곡이 되어 있었으며 이러한 굴곡현상은 시간이 경과함에 따라 심하게 나타났고 세포내용물은 중앙 부위로 응집된 상태로 관찰되어 ribosome 및 nucleoid들이 분리되어 관찰되지 않았다. 이와같은 변화의 양상이 심한 경우의 세포에서는 세포벽의 일부가 파괴되어 그 세포 내용물이 유출되는 것처럼 관찰되기도 하였다(Fig. 2, 3).

#### 3) 5% lysol 용액 처리군

5% lysol 용액 처리군에서는 nucleoid와 세포질이 완전히 구획되어 나타나는 것으로 관찰되었으며 nucleoid 부위는 세포의 중심부에 존재하고 비교적 전자밀도가 낮으며 내부는 filament 樣 물질이 존재하고 있었다.

어떤 세포에서는 이 핵물질이 세포외로 유출되는 것처럼 관찰되기도 하였는데 세포질에서는 ribosome 들이 여러부위에 응집되어 전자밀도가 높은 부위를 형성하고 이러한 현상은 시간이 경과함에 따라 더욱 심한 것으로 관찰되었다.

세포벽에서는 굴곡등의 변화는 관찰되지 않았으나, 그 외연에 세포질내의 ribosome 의 집단체와 같은 크기 및 전자밀도를 가지는 과립들이 부착되어 있었다(Fig.4,5).

#### 4) 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액 처리군

3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액 처리군에서는 세포벽의 굴곡이 관찰되었으며 그 정도는 70% ethyl alcohol 용액 처리군 보다 심하고 어떤 부위에서는 평행으로 달리는 세포벽의 구성 층들이 분리되어 관찰되기도 하였다.

세포 내용물들은 세포의 중심부위로 응집되어 나타났고 그 변화양상은 70% ethyl alcohol 용액 처리군과 유사하였다(Fig. 6,7).

#### 5) 1% DDEGH (Dodecyl-diamino-ethyl-glycine hydrochloride) 용액 처리군

1% DDEGH 용액 처리군에서 보면 10분간 처리한 군은 nucleoid가 극소적으로 분획되어 나타나는 것으로 관찰되었으며 세포질 내에는 전자밀도 및 크기가 일정한 소집단들이 산재하여 있었고 이러한 소집단들은 세포벽의 외부에 부착되기도 하였다.

한편 1시간 처리군에서는 이러한 변화가 더욱 심하여 세포질내에는 개개의 구조로 분리하여 관찰할 수 없는 전자밀도가 강한 물질로 차 있었으며 세포벽 또한 그 구조가 불분명하여 졌고 그 외부에는 세포 내용물과 같은 물질들이 두껍게 쌓여 있었다(Fig. 8).

#### 6) 고압멸균 처리군

고압멸균 처리군에서의 변화는 평행하게 달리는 3층막의 세포벽이 서로 분리되어 나타나 불규칙한 모양을 보여 주었으며 어떤 세포에서는 세포벽의 일부가 탈락되었거나 세포벽이 파괴되어 세포질들이 유출되어 있는 현상을 관찰하기도 하였다. 또한 심한 경우에는 세포의 형태는 갖추어져 있으나 세포질 및 세포막이 파괴되어 그 내용물을 관찰할 수 없는 세포들이 많았다(Fig. 9, 10).

### IV. 고찰

정상 *Escherichia coli*의 미세구조는 두께 약  $100\text{\AA}$  정도의 단단한 세포벽에 의하여 둘러싸여 있으며 이 세포벽의 내부에는 원형질막이 존재하고 세포의 내부에는 세균의 염색체가 있는 부위라 할 수 있는 nucleoid인 밝은 부위가 있으며 세포질에는 직경 약  $200\text{\AA}$  정도의 ribosome 들이 많이 존재하고 있다고 알려져 있다. De Petris(1967)는 제일 외층인 세포벽의 구조에 대하여 초박절편 표본에서는 그 세포벽이 외부 3층막으로

되어 있으며 그 내부에는 투명층 및 전자밀도가 강한 층이 있다고 하였다. 본 실험의 대조군으로 사용한 대장균의 미세 구조도 역시 3층으로 된 단일막들이 서로 평행하게 달리면서 세포의 외부를 둘러싸는 세포벽을 형성하고 있으며 세포질 내에는 과립상의 구조물인 ribosome 이 많이 나타나고 세포의 중심부에 핵물질이 있는 전자밀도가 낮은 부위가 존재하고 있어 타 연구자들의 결과와 일치하였다.

항균제의 처리결과에 대한 보고를 살펴 보면, Chapman (1962)은 항생제의 일종인 colistin sulfate 을 *Pseudomonas* 와 *Bacillus megaterium* 에 여러가지 농도와 시간 차이를 주어 노출시켰을 경우, 첫째, 핵물질이 그 정상위치에서 나타나지 않으며, 둘째, 세포질은 그 과립성을 잃고 균질화(homogeneous)된다고 주장하였으며, Kaye 와 Chapman(1963)은 같은 colistin sulfate 를 *Escherichia coli* 에 처리한 경우 3단계의 변화양상을 나타낸다고 주장하고, 첫단계는 핵물질의 axial orientation 의 disruption 과 세포질에서 유래된 것으로 생각되는 물질에 의한 핵부위의 invasion 이 일어나지만 세포학적으로는 그 내용물의 손실은 없는 단계, 둘째단계는 핵물질의 소실 및 세포질의 과립성 소실이 오며 따라서 세포질의 전자밀도가 강하게 나타나 이 단계에서는 핵물질과 비교하여 볼때 세포질의 소실은 역시 관찰할 수 없는 단계라고 하였다. 세번째 단계는 mesosome, 원형질막 및 세포벽은 그대로 존재하나 세포질 내용물의 소실이 오는 단계라고 보고 하였다. 본 실험중 5% lysol 용액 처리군의 결과는 10분 처리군에서 핵물질 부위와 세포질이 완전히 구분되어 나타나고 핵부위내에는 핵물질로 생각되는 filament 樣 물질이 존재하며 세포질내의 ribosome 들이 여러부위에 응집되어 나타나 그 과립성이 소실되고 세포막 및 세포벽등이 그대로 존재하나, 세포외연에 세포질내의 ribosome 과립과 크기 및 전자밀도가 같은 과립들이 존재하는 것으로 관찰되었다. 이러한 소견들은 상기 Chapman (1962) 및 Kaye 와 Chapman(1963)이 행한 실험과 비교하여 볼때 시간이 경과함에 따라 세포외연에 부착하는 과립들이 많아짐은 상기 연구자들이 보고한 세번째 단계로 그 세포 내용물의 소실로서 외부로 유출되는 것이 아닌가 추측되며 이 이외의 다른 변화양상도 상기연구자들의 보고한 바와 부합된다고 할 수 있다.

Penethyl alcohol 과 toluene 을 *Escherichia coli* 에 처리한바 있는 Woldringh(1973)의 보고를 살펴보면, toluene 을 저농도 처리후 5분 경과시에는 전자현

미경 상으로 별 특이한 변화를 관찰할 수 없으나, 15분 경과 후에는 3층막이 나타나지 않으며 핵물질은 세포외연부로부터 움직이며 대다수 세포의 세포질 내부에서는 diffuse band 를 관찰할 수 있다고 하여 이는 아마도 세포막 구조의 잔유물일 것이라 주장하였다. 또한 penethyl alcohol 저농도 처리군은 15분 경과 후에도 핵물질 및 세포막이 원형대로 남아 있고 고농도 처리군에서는 30분 경과하면 세포막의 용해 및 핵물질의 치환 현상이 일어난다 하였으며 이러한 세포외연부로서 핵물질 치환현상은 세포막의 용해와 관련이 있는 일반적인 현상일 것이라 하였다.

한편 항생제의 일종인 polymyxin B sulfate 들 *Escherichia coli* 에 처리하여 그 변화 양상을 추구한 Koike 등 (1968)의 보고를 보면 세포의 외부에 bleb 가 생겨나는데 이는 두껍게 정상세포에서도 관찰할 수 있지만 다량으로 생길때는 polymyxin B sulfate 의 효과로 생각하며 이 bleb 들은 약제 농도의 감소로 적게 할 수 있다 하였다. 따라서 이는 polymyxin 이 세포벽 뿐만 아니라 세포막에도 작용하는 결과라고 하였는데 polymyxin B sulfate 를 처리 즉시에는 세포의중에서 bleb 들이 생겨 나지만 세포질에서는 별 특이한 변화가 관찰되지 않으며 처리 30분이 경과되면 protoplast 가 그 내용물을 잃고 세포막이 disorganization 이 생긴다고 하였다. 그리고 그람 음성균의 세포벽은 3층으로 되어 있는데, 이러한 bleb 들은 3층중 제일 외층에서 유래하며 부분적으로 세포막의 disorganization 을 초래하여 생긴다고 주장하였다.

본 실험에서 70% ethanol 용액 처리군은 세포내 핵물질로 생각되는 부위를 관찰할 수 없었으며 세포질이 세포의 중앙부위로 응집되어 나타나 세포 내연부는 전자적으로 투명하게 나타나고 있었다. 이러한 현상은 ethanol 이 단백질 응고를 이르기 때문에 생겨나는 것으로 사료된다. 또한 세포벽은 약간 굴곡되어 있었고 그 외부에 단일막으로 형성된 bleb 들이 생겨나는 것은 Koike 등(1968)이 행한 실험과 일치하는 것으로 생각된다.

3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액 처리군에서는 세포내부의 변화는 70% ethanol 용액 처리군과 대동소이하며 세포벽은 심한 굴곡현상 및 각층이 평행하게 달리지 않고 분리되어 나타나며 이와같은 현상이 심한경우 어떤 세포에서는 뚜렷한 막상구조를 관찰할 수 없었다. 이러한 변화들은 Woldringh(1973)이 penethyl alcohol 및 toluene 을 처리하여 보고한 바의 결과와 일치하며 이와같은 현상은 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 가 강한 發生基 산소를 내어 세포벽을 파괴하

는 결과가 아닌가 추측된다.

계면활성제의 일종인 1% DDEGH 용액처리군은 10 분 처리군에서 세포질의 응집 현상이 세포막의 여러 부위에 서로 엉켜 무리를 지어 나타나며 세포막 및 세포벽이 계속 그 구조를 관찰할 수 있으나 1시간 처리군에서는 세포질내의 구조물을 전혀 관찰할 수 없게 나타났다. 세포막 및 세포벽도 그 형태를 볼 수 없었고 세포벽의 외부에 세포내용물과 전자밀도가 같은 물질이 부착되어 있었다. 이러한 변화양상은 상기 타 연구자들이 보고한 바의 변화와 일치하며 다만 세포외부에 부착한 물질은 세포질이 내부에서 외부로 유출될 것이 아닌가 의심된다.

고압멸균 처리군은 세포벽의 탈락, 세포막 및 세포벽이 서로 분리되어 관찰되고 어떤 세포에서는 세포내용물이 유출된 형태등으로 관찰되었는데 이러한 현상들은 15 lbs의 높은 압력때문에 세포막 및 세포벽이 파괴되며 따라서 그 파괴된 부위에서 세포질이 외부로 유출된 것으로 생각된다.

이상과 같은 실험을 종합하여 볼때 이와같은 일련의 실험은 꼭 흥미있는 실험이라고 생각되며 좀더 광범위한 항균제를 사용하여 많은 균주들에 대한 실험을 실시하여야 될 줄 믿으며 이 이외의 각종 항생제들의 내성 획득균주들에 대한 실험도 동시에 앞으로 이루어져야 될 것으로 사료된다.

## V. 요 약

*Escherichia coli*(ATCC 11115)에 실험실등에서 상용하는 여러가지 항균제를 시간별로 처리, 그 변화양상을 전자현미경으로 관찰한 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 대조군은 3층의 단일막으로 형성된 세포벽에 둘러싸여 있으며 세포질은 전자밀도가 낮은 nucleoid와 ribosome들이 산재하여 있음을 관찰할 수 있었다.

2) 70% ethanol 용액 처리군은 핵물질을 관찰할 수 없었고 세포질은 세포 중앙부로 응집되어 있었으며 세포벽의 외부에서는 bleb 돌출을 관찰할 수 있었다.

3) 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액 처리군은 세포내용물의 변화는 70% ethanol 처리군과 大同小異하였으나 세포벽에서는 심한 굴곡현상이 관찰되었다.

4) 5% lysol 용액처리군은 세포질 및 핵물질 부위가 완전히 구분되어 나타났으며 세포질내의 ribosome 과립들은 시간이 경과할수록 그 응집현상이 심하였고 세포 외부에는 ribosome 양 과립들이 부착하고 있음이 관찰

되었다.

5) 1% DDEGH 용액 처리군은 세포질의 응집 및 세포막과 세포벽이 뚜렷이 관찰되지 않았으며 세포외부에 세포내용물과 동일한 물질로 생각되는 물질이 부착되어 있음을 관찰할 수 있었다.

6) 고압멸균 처리군은 세포막 및 세포벽의 파괴, 탈락 및 세포내용물의 유출현상이 관찰되었다.

## REFERENCES

- Burdash, N. M., Ehrlich, M. A., Ehrlich, H. G. and Pacisi: *Electron microscopy of proteus vulgaris exposed to cephalothin*, *J. Bacteriol.*, **95**:1956, 1968.
- Chapman, G.B.: *Cytological aspects of antimicrobial antibiotics. I. Cytological changes associated with the exposure of Escherichia coli to colistin sulfate*, *J. Bacteriol.*, **84**:169, 1962.
- Conti, S. F and Gettner, M. E.: *Electron microscopy of cellular division in Escherichia coli*, *J. Bacteriol.*, **83**:544, 1962.
- Cota-Robles, E. H.: *Electron microscopy of plasmolysis in Escherichia coli*, *J. Bacteriol.*, **85**:499, 1963.
- De Petris, S.: *Ultrastructure of the cell wall of Escherichia coli and chemical nature of its constituent layers*, *J. Ultrastruct. Res.*, **19**:45, 1967.
- Few, A. V.: *Electron microscopy of disrupted bacteria treated with polymyxin E*, *J. Gen. Microbiol.*, **10**:304, 1954.
- Hash, J. H. and Davies, M. C.: *Electron microscopy of Staphylococcus aureus treated with tetracycline*, *Science*, **138**:828, 1962.
- Huxley, H. E. and Zubay, H.: *Electron microscope observation on the structure of microscopical particles from Escherichia coli*, *J. Mol. Biol.*, **2**:10, 1960.
- Kaye, J. J. and Chapman, G.B.: *Cytological aspects of antimicrobial antibiotics. III. Cytologically distinguishable stages in antibiotic action of colistin sulfate on Escherichia coli*, *J. Bacteriol.*, **86**:536, 1963.
- Koike, M., Iida, K. and Matsuo, T.: *Electron*

- microscopic studies on mode of action of polymyxin*, *J. Bacteriol.*, **97**:448, 1969.
- Matsumoto, A. and Manire, G. P.: *Electron microscopic observation on the effects of penicillin on the morphology of Chlamydia psittaci*, *J. Bacteriol.*, **101**:278, 1970-a.
- Matsumoto, A. and Manire, G. P.: *Electron microscopic observation on the fine structure of cell walls of Chlamydia psittaci*, *J. Bacteriol.*, **104**:1332, 1970-b.
- Matsumoto, A., Higashi, N. and Tamur, A.: *Electron microscopic observation on the effects of polymyxin B sulfate on cell walls of Chlamydia psittaci*, *J. Bacteriol.*, **113**:357, 1973.
- Salton, M. R., Horne, R. W. and Cosslett, V. E.: *Electron microscopy of bacteria treated with cetyltrimethyl-ammonium bromide*, *J. Gen. Microbiol.*, **5**:405, 1951.
- Watson, M.L.: *Staining of tissue sections for electron microscopy with heavy metals*, *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, **4**:475, 1958.
- Woldringh, C. L. and Iterson, W.: *Effects of treatment with sodium dodecyl sulfate on the ultrastructure of Escherichia coli*, *J. Bacteriol.*, **111**:801, 1972.
- Woldringh, C. L.: *Effects of toluene and penethyl alcohol on the ultrastructure of Escherichia coli*, *J. Bacteriol.*, **114**:1359, 1973.

Fig. 1. 대조군 *Escherichia coli* 의 미세구조. Nucleoid (N), Ribosome (R) 및 3 층으로 구성된 세포벽 (CW)이 보임.  $\times 50,000$ .

Fig. 2. 70% Ethyl alcohol 용액처리 10분군 *Escherichia coli* 로서 세포질 (C)이 세포의 중앙 부위로 응집되며 세포벽 외부에 Bleb (B)가 생겨남을 볼 수 있음.  $\times 40,000$ .

**Fig. 3.** 70% Ethyl alcohol 용액처리 1시간군 *Escherichia coli*로서 세포벽 (CW)의 골격 현상 및 세포벽의 일부가 파괴되어 그 내용물이 외부로 유출됨을 볼 수 있음.  $\times 50,000$ .

**Fig. 4.** 5% Lysol 용액처리 10분군 *Escherichia coli*로서 Nucleoid (N)와 세포질이 완전 분리되어 나타나며 Ribosome 들이 응집되고 세포벽 외부에 과립성 물질이 부착되어 있음.  $\times 40,000$ .



**Fig. 5.** 5% Lysol 용액처리 1시간군 *Escherichia coli* 로서 Nucleoid (N)와 세포질이 완전 분리되어 나타나며 Ribosome 들의 응집현상이 더욱 심하여짐.  $\times 40,000$ .

**Fig. 6.** 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액처리 10분군 *Escherichia coli* 로서 세포질 (C)이 세포 중앙부로 응집되며 세포벽 (CW)이 심하게 굴곡되어 있음.  $\times 40,000$ .

**Fig. 7.** 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액처리 1시간간 *Escherichia coli*로서 세포질 (C)이 세포 중앙부로 응집되어 있으며 세포벽 (CW)은 갈라져 있어 있고 어떤 부위는 서로 분리되어 나타난다. ×50,000.

**Fig. 8.** 1% DDEGH 용액처리 1시간간 *Escherichia coli*로서 세포질 (C)이 심하게 응집되어 있으며 세포벽은 관찰할 수 없고 세포 외부에 전자 밀도가 강한 물질이 부착되어 있음. ×50,000.

Fig. 9. 고압멸균 처리된 *Escherichia coli* 로서 세포벽 (CW)이 분리되어 나타나고 그 일부는 파괴되어 세포 내용물이 외부로 유출됨. (↑)×40,000.

Fig. 10. 고압멸균 처리된 *Escherichia coli* 로서 세포 내용물은 없이 형태만 남은 세포 (CD)들이 보임 ×40,000.