

# 방사선조사가 백서 협점막에 미치는 영향에 관한 전자현미경적 연구

경희대학교 치과대학 방사선학교실

최 승 규 · 이 상 래

## - 목 차 -

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록
- 사진부도설명
- 사진부도

## I. 서 론

악성종양의 치료법으로는 방사선조사, 외과적 수술 및 화학적 요법들이 있으며 때로는 이들 방법들이 병용되기도 한다. 방사선치료는 심미적으로 큰 손상을 주지 않고 외과적인 수술이 어려운 경우에도 사용될 수 있는 장점이 있으나 종양세포뿐만 아니라 주위 정상조직에도 방사선이 조사되므로 많은 위대한 변화를 초래한다.

방사선조사로 인하여 치아의 성장발육이 변화됨을 1905년 Tribondeau와 Recamier가 처음 발표한 이후 1942년 Colby는 방사선에 의한 구강조직반응을 보다 상세히 서술하였다.<sup>49)</sup>

전리방사선이 백서의 치아와 그 지지조직에 미치는 영향에 관하여 Dale(1948)<sup>38)</sup>은 절치의 법랑질발육부전, 치은출혈 및 부종을 관찰하였고 Burstone(1950)<sup>29)</sup>은 상아아세포가 법랑아세포보다 방사선에 더 민감하며 방사선조사가 악골과 치조골의 발육을 지연 또는 정지시킨다고 하였다. Medak등(1952)<sup>56)</sup>은 2000R 이하의 선량에서는 상아질과 법랑질의 발육부전을, 3000R 이상의 선량에서는 치수와 치주조직의 심한 부종을 관찰하였다.

English등(1954)<sup>35)</sup>은 방사선조사후 절치의 성장증가와 과잉치 또는 결손치의 발생을 확인하였으며 조직학적으로는 상아아세포와 법랑아세포의 배열에 이상이 초래된다고 하였다.

Hansen과 English(195 )<sup>42)</sup>는 단회조사후 절치의 조직학적 변화상과 그 손상부위를 관찰하였고 박(1974)<sup>6)</sup>은 치수와 치주조직의 혈관총형과 염증세포의 침윤 및 상아아세포의 수양성변화를 보고하였다. 한편 Medak과 Burnett(1954)<sup>54)</sup>, Medak등(1954)<sup>55)</sup>은 햄스터(hamster)와 원숭이의 절치와 구강조직의 변화를 연구하였다.

악골에 미치는 영향에 관하여 Gowgiel(1960)<sup>40)</sup>과 이(1979)<sup>8)</sup>는 방사선의 분할조사로 인하여 방사선골괴사증이 유발되는데 이의 주된 원인은 골세포에 대한 방사선의 직접효과이며, 동맥계의 혈관벽의 비대가 이차적인 원인임을 구명하였다. 고(1974)<sup>9)</sup>는 방사선량의 증가로 인하여 조골현상이 감소되고 파골세포도 치조골면에 나타나는데 혈관변화는 골

수에서 보다 치수 및 치근막에서 더욱 심하다고 하였다.

타액선에 관한 연구로 English(1951)<sup>36)</sup>는 450~500R의 방사선조사가 멧돼지(swine)의 점액세포내의 호산성 과립을 감소시키지만 이의 실질이나 지지조직의 괴사는 야기시키지 않는다고 보고하였고, 김(1977)<sup>4)</sup>은 백서에서 배설관상피의 부분적인 괴사, 주위 결체조직의 증식 및 선세포과립의 감소를 관찰하였으며 이(1980)<sup>9)</sup>는 장액선이 점액선보다 방사선에 더욱 민감하다고 하였다.

방사선조사에 의한 구강점막의 변화를 Dale(1953)<sup>31)</sup>은 백서에서 점막의 부종, 궤양 및 점상출혈등이 나타난다고 하였으며 Chase등(1961)<sup>27)</sup>은 사람에서 비각화상피가 각화상피로 전환되면서 이의 크기도 증대된다고 하였고 Goepf과 Fitch(1969)<sup>49)</sup>는 방사선조사가 DNA의 합성을 감소시키며 세포분열도 저하시키는 것을 생쥐(mouse)에서 관찰하였다. 또 김(1980)<sup>3)</sup>은 백서의 점막상피에서 각화증, 극세포증과 이형성을 관찰하였고 방사선량의 증가로 인하여 이형성의 회복이 지연됨을 보고하였다. 이상의 연구업적들은 광학현미경에 의하여 이루어졌으나 1956년 Glauser가 전리방사선이 간세포에 미치는 영향을 전자현미경으로 연구보고한 이래 장점막<sup>45)</sup>, 궤장<sup>60)</sup>, 신장<sup>61)</sup>, 피부<sup>59)</sup>와 타액선<sup>7)</sup>등을 대상으로 한 많은 연구들이 보고되고 있는데 구강점막에 관한 연구로는 Sandstrom과 Goepf(1977)<sup>62)</sup>이 방사선조사로 인하여 상피와 점막하조직이 분리되는 것을 생쥐에서 관찰 하였고 Liu(1974)<sup>49)</sup>, Liu등(1975)<sup>50)</sup>, Liu등(1976)<sup>51)</sup>은 백서 순점막에 방사선을 단회조사한 후 이의 변화상을 보고하였으며 김(1983)<sup>5)</sup>은 설점막상피를 대상으로 연구하였다.

두경부의 악성종양을 치료할 경우 협점막에 대한 방사선조사는 필연적이거나 이에 대한 전자현미경적 연구는 비교적 희소하여 방사선조사가 구강점막의 기저세포에 미치는 영향을 구명하고자 분할조사와 단회조사를 실행하여 구강점막상피의 미세구조를 비교 관찰하여 다소 의의있는 지견을 얻었기에 이를 보고하는 바이다.

## II. 연구재료 및 방법

실험동물은 일정한 조건하에서 사육된 120gm 내

외의 Sprague Dowley계 웅성백서이었으며, 대조군으로 3마리, 방사선 조사군으로 192마리를 배정하였다.

방사선 조사는 Co-60심부치료기(model 4M60, Picker Co.)를 이용하였으며 조사범위는 12×5cm, 선량율은 222cGy/min, 관구와 피사체의 거리는 50cm, 심도는 1cm이었다.

실험동물은 0.1cc/100gm의 thiopental sodium을 복강내주사하여 마취시킨 후 두경부만이 노출되도록 고안된 방사선조사대에서 동시에 8마리씩 방사선을 조사하였다.

방사선조사는 단회조사와 2회분할조사로 시행하였는데 15Gy, 16.5Gy, 18Gy를 단회조사하여 각각 실험 I, II, III군으로 하였고 9Gy, 9.75Gy, 10.5Gy를 4시간 간격으로 2회조사하여 각각 실험 IV, V, VI군으로 정하였다.

실험동물은 방사선조사 후 1, 2, 3, 6, 12시간, 1, 3, 7일에 각군 공히 4마리씩 2.5% glutaraldehyde로 관류고정하여 희생시킨 후 협점막을 채취하였다.

채취한 조직은 다시 2.5% glutaraldehyde용액에 3시간 동안 재고정한 후 pH7.4인 phosphate완충용액으로 수세하고, 4℃의 1% osmic tetroxide에 90분간 후고정하였다. 고정된 조직을 탈수시킨 후 Epon 812에 포매하고 60℃에서 48시간 동안 중합하였다.

제작된 시료를 초박절편절기(Sorvall Mt 6000)로 절편을 만든 후 1μm의 절편은 toluidine blue로 염색하여 광학현미경으로, 600 Å의 절편은 uracyl acetate와 lead citrate로 중염색하여 투과전자현미경(Hitachi 600)으로 각각 검정하였다.

## III. 연구성적

### 1. 광학현미경적 소견

#### 가) 대조군

백서의 협점막은 각화상피로서 각화층, 과립세포층, 극세포층과 기저세포층의 4층으로 구성된 중층 편평상피로 피개되어 있으며 그 심부는 모세혈관과 신경섬유가 분포하는 결체조직으로 구성되어 있다(Fig. 1 참조).

#### 나) 단회조사군(I, II, III군)

1시간후 : I, II, III군 공히 상피층 전체에 걸친 세포의 변성이 시작되어 세포간의 경계가 불분명하였고 기저세포의 농축된 소견이 관찰되었다(Fig. 2 참조).

2시간후 : 상피층과 결체조직과의 경계가 부분적으로 소실되었고 III군에서는 불규칙한 상피증식이 보였으며 상피세포가 더욱 변성되었다.

3시간후 : I, II군의 기저세포가 불규칙한 배열과 증식을 보였으며(Fig. 3 참조) III군에서는 기저세포가 소실되었고 상피와 결체조직간의 경계가 더욱 불분명하여졌다.

6시간후 : 상피의 현저한 증식과 더불어 극세포층에서 수양성 변화가 나타났으며 기저층의 세포는 더욱 변성되었다(Fig. 4 참조).

12시간후 : II, III군의 수양성 변화는 계속되었으며 I, II군의 상피층은 결체조직내로의 증식을 보였으나 III군에서는 상피의 비박과 기저세포의 괴사가 관찰되었다(Fig. 5 참조).

1일후 : 농염된 핵을 가진 기저세포의 수가 증가되기 시작하였고 I군에서는 과립세포의 크기가, II군에서는 수양성 변화가 최대에 이르렀으며 III군에서는 과립세포가 증대되기 시작하였고 상피세포의 변성은 여전히 계속되었다.

3일후 : 농염된 기저세포가 다수 출현하면서 그 형태도 뚜렷해졌으나 아직 기저세포의 배열과 결체조직과의 경계가 불규칙하였다(Fig. 6.7 참조).

7일후 : 기저세포의 형태가 더욱 뚜렷해지면서 규칙적인 배열을 하였고 II군에서는 일부 기저세포가 매우 증식하였다.

#### 다) 분할조사군(IV, V, IV군)

1시간후 : 정상군과 유사한 소견을 보였으며 결체조직내로의 상피의 부분적인 증식이 관찰되었다.

2시간후 : 상피층의 증식이 더욱 진행되면서 결체조직과의 경계는 불규칙하게 되었고 IV군에서 과립세포의 크기가 증대되기 시작하였으며 V군에서는 입방형의 기저세포가 부분적으로 출현하였다.

3시간후 : V군에서 입방형의 기저세포가 불규칙하게 배열되었고 VI군에서 상피는 더 이상 증식되지 않는았다.

6시간후 : IV군에서 과립세포의 크기가 최대로 되었으며 VI군의 상피층에서 수양성 변화가 나타났고 결체조직과의 경계가 불분명하였다.

12시간후 : 상피층의 미약한 증식이 IV군에서 보였으며 VI군은 상피세포의 변성과 기저세포의 부분적인 파괴를 보였다.

1일후 : IV군에서 상피는 더욱 증식되었으며 농염된 기저세포가 다수 출현되었고 V군에서는 수양성 변화를 일으킨 세포들이 층을 이루고 있으며 VI군의 상피는 오히려 얇아지고 소수의 기저세포가 불규칙하게 배열되었다.

3일후 : 상피와 결체조직간의 경계는 여전히 불규칙하나 V군의 기저세포배열은 비교적 규칙적이고 뚜렷하게 관찰되었다.

7일후 : 기저세포의 배열이 비교적 규칙적이었으며 상피의 증식을 관찰하였다.

## 2. 전자현미경적 소견

### 가) 대조군

세포들은 교소체(desmosome)에 의해 치밀하게 연결되어 있었으며 반교소체(hemidesmosome)는 기저세포의 원형질막과 기저판사이에 두껍고 치밀한 결절로서 관찰되었고 기저판은 상피와 점막하조직사이에 개재되어 있었다.

기저세포의 핵은 두층의 치밀한 격막인 핵막에 의해 세포질과 분리되었으며 핵내에서 염색질과 핵인은 뚜렷하게 관찰되었다. 세포질내에는 사립체가 중중도로 분포하였고 그 능(cristae)은 명확히 관찰되었으며 과립성내형질망(rough endoplasmic reticulum)도 중중도로 출현하였다. 라이보솜은 과립성내형질망에 부착되어 있거나 세포질내에 풍부하게 산재되어 있다. 골지체(Golgi body)는 모든 세포에서 관찰되지는 않았으며 용해소체도 비교적 적었다(Fig. 8 참조).

### 나) 단회조사군(I, II, III)

1시간후 : 세포간극은 비교적 정상이었으나 핵의 막의 부분적인 손상과 염색질의 응집이 시작되었으며 I군보다 III군에서 더 심한 기저판의 파괴와 소실이 관찰되었다. I군에서 장원섬유(tonofibril)의 전위와 많은 유막소포가 핵주위에 있었다. III군에서는 사립체가 확장된 소견을 보였으며 세포질내에 유리라이보솜이 치밀하게 분포되었다(Fig. 9 참조).

2시간후 : I군에서 관찰된 유막소포가 감소되었으며 과립성내형질망의 확장이 시작되었고 핵주

위에 장원섬유가 치밀하여지면서 세포질내에 치밀체가 출현하였다. 또한 세포간극도 확장되었고 반교소체의 감소와 기저판의 소실도 나타났으며 핵막주위에 부종이 시작되었다(Fig. 10 참조).

3시간후 : III군에서 심한 핵막의 파괴와 염색질의 응집 및 용해가 관찰되었으며 변성된 사립체도 다수 발견되었고 핵외막에서 수포가 형성되었으며 치밀체(dense body)가 핵내에서 출현하였다. 과립성내형질망의 심한 확장과 반교소체의 소실도 III군에서 관찰되었다.

6시간후 : 3시간후의 관찰상과 유사하였으며 II군에서 핵함몰이 심하였고 세포간극이 확장되었으며 괴사세포가 출현하였다(Fig. 11 참조)

12시간후 : 세포간극은 현저하게 좁아진 소견을 보였으나 핵막은 여전히 불명확하였고 핵막주위의 부종도 잔존되었다. III군에서 반교소체가 다시 관찰되었으나 기저판의 불연속은 계속되었다. 탐식세포가 결체조직내에 출현하였으며 핵주위에 장원섬유가 산재하였고 세포질내에 유막소포의 출현이 시작되었다. II, III군에서 과립성내형질망이 발달하였다.

1일후 : 핵외막은 아직 부분적으로 불명확하나 핵주위의 부종은 소실되었고 세포간극도 거의 정상으로 회복되었다. II군에서 교소체의 발달과 기저판의 회복을 볼 수 있었으며 많은 유막소포가 출현하였다. 또한 과립성내형질망의 확장과 유리라이보솜의 감소를 볼 수 있었으며 장원섬유는 많이 산재되어 있었다(Fig. 12 참조).

3일후 : 응집된 염색질이 정상으로 회복되기 시작하면서 핵외막과 핵소체도 뚜렷하게 관찰되었다. 기저판은 I군에서 정상으로 보였으나 (Fig. 13 참조) II, III군에서는 아직도 부분적인 불연속을 나타내었다. 교소체는 전군에서 매우 발달되었으며 유막소포는 III군에서만 다수 관찰되었고(Fig. 14 참조) 장원섬유는 I군에서 더욱 증가되었다.

7일후 : 전반적으로 회복된 상을 보였으며 III군에서도 기저판이 명확하게 관찰되었고 유막소포는 거의 소실되었으며 핵주위에 장원섬유속(tonofibril bundle)이 관찰되었다.

다) 분할 조사군(IV, V, VI군)

1시간후 : 전군에서 핵의 함몰과 핵막의 부분적인 소실이 특징적으로 관찰되었고(Fig. 15 참조) V군

에서만 많은 유막소포가 출현하였으며 VI군에서 사립체능의 형태가 관찰되어 비교적 정상적인 소견을 보였으나 세포간극은 확장되었다.

2시간후 : 염색질의 응집과 변연추향(margination)이 핵에서 나타났고 핵막이 불분명하여 졌으며 사립체능을 관찰할 수 없었다. 또한 기저판의 부분적인 소실과 유리라이보솜의 감소가 VI군에서 발현되었다(Fig. 16 참조).

3시간후 : 세포간극이 확장되었으며 용모(villi)의 수는 증가하기 시작하였다. 핵변화는 더욱 심하여 V군에서는 핵함몰부에 유막소포가 출현하였으며 세포질내에도 이는 계속 관찰되었다. 과립성내형질망의 확장은 관찰할 수 없었다(Fig. 17 참조).

6시간후 : IV군의 세포간극은 거의 정상적인 소견을 보였으나 VI군은 아직도 확장된 상을 보이고 있었다. 핵변화상도 IV군보다 VI군이 심하여 VI군에서는 심한 핵함몰과 핵주위에 부종이 관찰되었으나 IV군에서는 핵주위의 부종은 관찰되지 않았다. 기저판은 완전히 소실되었으며 교소체의 감소가 보였고 과립성내형질망이 확장되었으며 사립체는 핵주위에서 다수 출현하였다(Fig. 18 참조).

12시간후 : IV군에서 세포간극내에 용모의 수가 증가되었으며 핵막과 핵소체가 분명하여졌고 교소체와 반교소체의 수가 증가하면서 기저판도 재생되었다. 또한 핵주위에 유막소포가 다수 출현하였으며 장원섬유도 증가하였다. 그러나 VI군은 세포간극만이 정상으로 회복되었을뿐, 핵주위의 부종은 잔존되었고 핵막도 여전히 불분명하였다. 교소체는 발달되고 있으나 기저판은 아직 소실되어 있었으며 유리라이보솜도 많이 감소되었다.

1일후 : VI군에서도 회복상이 보이기 시작하여 기저판의 부분적인 재생과 교소체의 증가가 나타났으며 핵주위의 부종도 감소되었고 핵막도 뚜렷하게 관찰되었다. IV군에서는 유리라이보솜이 가장 적었으며 유막세포도 감소되었고 기저세포사이에 단핵구가 출현하였다. 또한 세포질내에서는 많은 치밀체가 발견되었고 장원섬유도 더욱 증가하였다.

3일후 : 전군 모두 회복상을 보였으며 유리라이보솜은 다시 증가하였다. 핵막은 정상적인 소견을 보였으며 핵주위의 부종도 소실되었고 기저판의 연속성도 관찰되었다. V, VI군에서 유막소포가 다수 출현하였으며 VI군에서 과립성내형질망이 더욱 발달

하였고 V군에서 괴사세포가 발견되었다(Fig. 19 참조). 7일후: 세포간극, 핵막, 핵소체는 정상적인 소견을 보였으며 골지체의 발달과 다수의 사립체가 관찰

되었고 유막소포의 수도 감소되었다(Fig. 20 참조). 이상과 같은 전자현미경적 소견을 요약하면 Table 1과 같다.

**Table 1.** Radiation-induced electron microscopic changes in the basal cells of the buccal mucosa on rat

	Single							Fraction								
	1	2	3	6	12	1	3	7	1	2	3	6	12	1	3	7
Nuclear changes	+	+	+	+	+	+	±	±	+	+	+	+	+	+	±	±
Widening of intercellular space	-	+	+	+	+	+	±	±	+	+	+	+	±	-	-	-
Mitochondrial changes	+	+	+	+	+	+	+	±	+	+	+	+	+	+	±	±
Loss of basal lamina	+	+	+	+	+	+	±	±	+	+	+	+	+	±	±	-
Swelling of rER				++									++			
Decrease of Ribosome							++						++	++		

- : normal      ± : repair      + : moderate change      ++ : prominent change

#### IV. 총괄 및 고안

방사선조사에 의한 생물학적 효과는 물리적, 화학적, 및 생화학적 과정을 거친후 발현되며<sup>10,16)</sup> 방사선이 조직에 영향을 미치는 작용기전은 방사선의 에너지가 세포내의 주요구조에 직접 흡수되어 생체분자가 불활성된다는 직접설과 방사선이 주로 물분자에 흡수되어 유리기(free radical)가 발생되고 이것이 세포내의 주요구조에 확산되어 생물학적 효과가 야기된다는 간접설이 있다.<sup>12,16,17,19,26)</sup>

방사선조사에 따른 정상조직이나 세포의 변화는 방사선질, 선량율, 조사선량과 조사방법, 조사대상 등에 따라 다양하게 나타난다.

방사선질의 차이에 관해 박(1974)<sup>6)</sup>은 Co-60의 감마선이 X선보다 적은 조직변화를 일으킨다고 하였으며 Meyer 등(1962)<sup>57)</sup>도 Co-60의 감마선이 200 kilovoltage의 X선보다 치아나 골조직에 적은 손상

을 일으키지만 치은이나 구강점막에서는 감마선이 나 X선의 차이가 없다고 보고하였다. 또한 Coady 등(1967)<sup>28)</sup>도 감마선이나 X선이 조직이나 기관에 미치는 영향은 아주 유사하다고 하였다.

선량율에 따른 생물학적 효과의 차이에 관하여 Xu 등(1984)<sup>69)</sup>은 동일한 점막반응을 일으키는데에 200cGy/min로 조사한 경우보다 33cGy/min로 조사한 경우에서 더 많은 선량이 필요하다고 하였으며 Hall(1973)<sup>13)</sup>은 100cGy/min이하의 저선량율에서는 세포의 치사율이 선량율에 따라 심한 변화를 나타내지만 고선량율에서는 그 차이를 인정할 수 없다고 하였다. 그러나 일반적인 방사선치료에서 선량율의 효과는 무시되고 있으며<sup>38)</sup> 본 연구에서도 치료에 사용되는 고선량율을 적용하고 있다.

방사선의 조사선량은 조사대상의 방사선감수성, 체적 및 시간적 요소에 의존한다<sup>38)</sup>. 조사방법과 조사선량은 피부의 홍반<sup>34,58)</sup>, 눈의 백내장<sup>37,48,63)</sup>, 장상

피세포의 생존율<sup>41)</sup>과 구강점막반응<sup>60)</sup>을 기준으로 삼고 있으며 분할조사시 세포나 기관의 재생능력이 고려되어야 한다<sup>21)</sup>. 방사선조사에 민감하지 않은 조직들은 치사량이하에서는 손상에 대한 회복능력이 높으나 빠르게 재생되지는 않고 이에 비하여 민감한 조직들은 빠른 회복동태를 보여서 방사선조사후 4시간에 순점막상피세포의 재생은 거의 이루어진다<sup>20,21,69)</sup>. 이와 같은 선학들의 연구결과에 따라 본 연구에서도 4시간 간격으로 분할조사를 시행하였으며 Ang등<sup>20)</sup>의 연구에서 밝혀진 단회조사와 분할조사가 동일한 효과를 나타내는 방사선의 조사선량을 택하였다.

분할조사와 단회조사의 차이에 관하여 Fowler와 Stern(1960)<sup>38)</sup>은 분할조사시 생물학적 영향은 첫번째 조사한 선량에 비례하고 두번째 조사한 선량의 제공에 비례한다고 하였고 Horn등(1975)<sup>44)</sup>은 분할조사가 백서질체의 형성지연과 범랑아세포나 상아아세포의 불가역적 손상을 단회조사보다 심하게 일으킨다고 하였다. 또 Borek과 Hall(1974)<sup>23)</sup>은 분할조사가 1회에 세포를 치사시키지 못하고 계속적인 조사로 인하여 이의 영향만이 축적되므로 세포의 변형이 유발된다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 단회조사가 분할 조사보다 더 심한 세포변화를 야기하였는데 이는 조사대상에 따른 세포의 회복능력과 분할조사에 따르는 시간간격과 조사선량의 결정요소가 상이하기 때문이며 분할회수가 적었으므로 세포의 변형은 관찰되지 않았다고 사료된다.

조사부위에 따른 생물체의 변화는 조직이나 기관 또는 개체의 방사선감수성에 따라 다양하다. 방사선감수성은 세포의 증식이 왕성할수록, 세포의 분열과정이 길수록 그리고 형태적 기능적 분화가 낮을수록 높다.<sup>12)</sup> 세포주기에 따른 감수성을 Dewey와 Humphery(1962)<sup>33)</sup>는 생쥐에서 DNA합성기가 방사선에 가장 민감하다고 보고하였으나 일반적으로 분열기와 DNA합성후기가 가장 민감하고 DNA합성전기가 가장 저항성이 높은것으로 인정되고 있다<sup>18,52)</sup> 개체에 대한 방사선감수성은 LD<sub>50(30)</sub>을 기준으로 하는데, 사람은 약 400rad<sup>10)</sup>, 생쥐는 약 550rad<sup>13)</sup> 햄스터는 약 800rad<sup>53)</sup>이고 백서는 약 750rad<sup>12)</sup>이라고 보고되고 있다. 포유동물세포의 방사선감수성은 구강상피의 기저세포가 가장 민감하고 과립세포와 뉴론(neuron)이 가장 저항성이 높다.<sup>12,16,17)</sup> 이때 구강상

피의 기저세포가 생성되어 탈락될때 까지의 소요시간은 5~16일이라고 이라고 알려져 있다.<sup>14)</sup>

방사선조사후 구강상피는 초기에 홍반이 나타나고 상피가 증식되며 그후에 상피의 위축과 각화층의 박리, rete peg와 기저막의 소실 및 비정상적인 분열상을 보인다.<sup>11,15)</sup> Bernier(1949)<sup>22)</sup>는 방사선으로 인한 핵의 위축, 기저세포의 분열정지, 각질층과 과립층의 분리를 구강상피에서 관찰하였다. 본 연구에서도 이와 유사한 소견이 관찰되었으며 분할조사와 단회조사에 따라 변화상의 발현시기가 각각 달랐으며 상피증식이 초기와 후기에 나타나는데 이의 발생과 분열정지후 재생되는 세포의 잠재력에 대한 연구가 향후 필요할 것으로 사료된다.

Sognnase와 Albright<sup>65)</sup>가 1956년 생쥐의 협적막의 정상구조와 각화과정을 전자현미경으로 처음 연구한 이래 1965년 Stern<sup>67)</sup>이 백서와 사람의 구강상피의 기저세포와 기저판을 관찰하였고 1971년 Squier<sup>66)</sup>는 백서 협적막의 각화과정을 구명하였다.

Cottier등(1963)<sup>29)</sup>은 600~1000R을 조사시킨후 15분에 염색질의 배열이상, 변연추향(margination)과 핵부종을 생쥐의 임파선과 이차에서 전자현미경으로 관찰하였으나 Liu(1974)<sup>49)</sup>는 핵변화를 기저세포에서 관찰할 수 없었고 단지 심하게 손상된 "dark cell"에서만 볼 수 있었다고 하였다. Hugon과 Bergers(1968)<sup>46)</sup>는 1350R을 생쥐 십이지장의 은와 세포(crypt cell)에 조사한 후 90분내에 핵막의 돌출에 의하여 형성된 수포(bleb), 핵농축과 핵성분의 분리를 보고하였다. de Rey와 Cabrini(1973)<sup>32)</sup>는 백서의 피부에 80Gy와 160Gy를 각각 조사한 1일후에 핵함몰을, 3일후에 기저세포의 대부분과 극세포의 일부에서 깊은 핵함몰 또는 분열을 관찰보고하였다. 그러나, 본 연구에서는 II군에서 6시간후 핵함몰이 심하게 발생하였는데 이는 구강점막이 피부보다 방사선에 더 민감하기 때문이라고 사료된다. Liu등(1976)<sup>51)</sup>은 기저세포의 핵에서 염색질의 배열이상은 비가역적인 손상을 받은 세포에 국한되고 핵막의 팽창과 확장은 있으나 염색질과 핵인의 배열이상은 관찰할 수 없었다고 하였다. Hendee와 Alders(1967)<sup>43)</sup>는 햄스터의 조직을 배양한 세포에 2000~10000rad를 조사한 후 1일에는 핵막의 투과성의 변화로 인하여 핵막주위의 부종을 관찰하였다. 본 실험에서도 핵막주위의 부종, 염색질의 응집 및 핵막의 부분적

인 소실이 3시간내에 발현되었다.

세포간극은 방사선조사로 인하여 확장된 소견을 보이는데 Liu등(1976)<sup>51)</sup>은 5000R을 순점막에 조사한 후 6시간에서 세포간극이 최대로 된 후 점차 감소된다고 하였고 de Rey와 Cabrini<sup>32)</sup>도 같은 소견을 관찰하였으며 본 실험에서도 유사한 결과를 나타내었다. 2000R을 생쥐의 설점막에 조사한 Sandstrom과 Goepf(1977)<sup>62)</sup>은 조사후 1일에는 정상이었으나 3일후에 세포간극이 확장되었고 5일후에 감소되었다고 보고하였다. 이러한 세포간극의 확장은 방사선조사로 인한 투과성의 증가에 기인된다.<sup>51)</sup>

사립체는 방사선조사에 의하여 빠른 변화를 보여서 1350R을 십이지장 은와세포에 조사한 경우 30분<sup>47)</sup>에, 3200과 6400R은 조사한 간장세포에서도 30분<sup>24)</sup>에, 100R을 조사한 간장세포에서는 1시간<sup>64)</sup>에서, 5000R을 조사한 기저세포에서는 2시간<sup>49)</sup>에서 사립체가 확장되고 능(cristae)이 파괴되었다. 본 연구에서 III군은 1시간에, VI군은 2시간에 사립체의 확장과 능의 상실이 관찰되었다. 이러한 발생시간의 차이는 방사선의 조사선량과 조사방법이 다르기 때문으로 생각된다. 사립체의 확장은 사립체막의 투과성 변화와 이온농도변화로 인한 물의 침투에 기인된 것으로 사료된다.<sup>49)</sup>

라이보솜의 변화상은 다양한데 Liu(1974)<sup>49)</sup>는 과립성내형질망에서 라이보솜의 분리가 조사후 2시간에서 보였다고 하였으며 Hugon등(1965)<sup>47)</sup>은 조사후 1일에 라이보솜의 감소를 보고하였는데 이러한 소견은 본 실험의 단회조사군과 유사하였다.

과립성내형질망은 단백질합성에 중요한 역할을 하는것으로<sup>14)</sup> 방사선조사후 내망이 확장되는데 이는 세포질과 핵의 팽창후에 발생된다.<sup>51)</sup> Liu(1974)<sup>49)</sup>는 기저세포의 과립성내형질망의 확장이 방사선조사후 2시간에서 관찰되었지만 전자밀도환대(electron-dense annuli)는 형성되지 않는다고 보고하였는데 이러한 소견은 본 실험의 단회조사군의 소견과 일치하였다.

세포의 자기탐식능력과 용해소체의 효소활성은 방사선조사후 초기에 증가되며<sup>45)</sup> 골지체의 크기의 변화는 방사선에 의한 손상이라기 보다 세포질과 핵의 팽창에 의하여 이차적으로 나타나는 현상으로서 용해소체의 운동성과 연관되어 용해소체의 수와 크기의 증가에 기인된다<sup>51)</sup>

산성가수분해효소를 많이 함유하는 용해소체는 원형이나 부정형을 이루고 있으나 그 실제의 확인은 전자현미경으로서 보다는 세포화학적 방법으로 이루어져야 한다<sup>1)</sup> 방사선조사가 용해소체의 자기탐식능력에 변화를 유발하는 데 이는 세포의 방어기전으로 생각되며 변성된 소기관들을 빠르게 제거하기 위함이라고 알려져 있다.<sup>49)</sup> 본 연구에서는 용해소체를 확인할 수 없었으나 변성된 소기관들에 용해소체가 작용하여 유막소포들이 형성된것으로 사료되는 바 세포화학적으로 산성가수분해효소의 확인이 필요하다고 판단된다.

방사선조사로 인하여 핵과 세포질의 손상은 각각 분리되어 발생되는데 핵에서는 m-RNA의 합성과 같은 수많은 동화과정이 억제되지만 반면에 세포질에서는 유리기(free radical)에 의하여 분자구조에 장애가 발생되고 가수분해효소의 활성화 많은 소기관들의 변형들이 나타난다. 이런 효소들은 세포용해소체와 탐식체로 빠르게 분산되어 세포질효소의 고갈을 야기하고 자가탐식공포가 형성된후 골지체내의 인산효소는 소실된다.<sup>46)</sup>

장원섬유, 교소체, 반교소체 및 기저판은 방사선 조사후 어떠한 변화도 없었다<sup>49)</sup>고 하였으나 de Rey와 Cabrini(1973)<sup>32)</sup>는 80Gy와 160Gy를 조사한 후 3일에 기저판이 결손되거나 불분명한 소견을 관찰하였다.

Sandstrom과 Goepf(1977)<sup>62)</sup>은 2000R을 조사한 후 3일부터 교소체의 증가를 보고하였는데 본 연구에서도 조사후 3일에 단회조사군 전체에서 교소체의 증가를 관찰하였다. 이러한 교소체와 반교소체의 증가는 상피를 유지시키고 상피와 점막하조직을 결합시키려는 보상작용에 기인되는 것으로 사료된다.

## V. 결 론

저자는 방사선조사가 백서협점막의 미세구조에 미치는 영향을 관찰하여 단회조사와 분할조사에 따른 이의 차이를 구명하고 시간경과에 따른 변화상을 관찰하기 위하여 본 연구를 시행하였다.

방사선조사는 Co-60섬부치로기를 사용하였으며 백서두경부에 15Gy, 16.5Gy, 18Gy를 각각 단회조사하였고 9Gy, 9.75Gy, 10.5Gy를 4시간 간격으로

2회 조사 하였다.

조사후 1, 2, 3, 6, 12시간 1, 3, 7일에 협점막을 채취한 후 통법에 의하여 절편을 제작하였으며 이를 광학현미경과 전자현미경으로 관찰한 바 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 광학현미경상에서 기저세포의 불규칙한 배열과 핵농축, 결체적과의 불분명한 경계와 상피의 증식, 극세포의 수양성 변화 및 과립세포의 크기증대 등이 관찰되었다.

2. 전자현미경상에서 핵막의 부분적인 상실과 사립체의 확장이 초기에 발견되었으며 핵막주위의 부종, 염색질의 응집, 과립성내형질망의 확장, 유리라이보솜의 감소, 세포간극의 확장 및 기저판의 소실등이 관찰되었다.

3. 세포의 변화는 18Gy를 조사한 단회조사군에서 가장 심하였고 9Gy를 2회 조사한 분할조사군에서 가장 적었다.

4. 단회조사군이 분할조사군보다 더욱 심한 세포변화를 보였고 방사선량이 증가됨에 따라 세포변화도 빠르게 진행되었다. 그러나 세포변화의 회복상은 단회조사군보다 분할조사군에서 더 빠르게 발견되었다.

## REFERENCES

1. 김익택 : 細胞學 ; 細胞의 微細構造와 機能. 초판 pp. 104-136, 螢雪出版社. 1974.
2. 고영택 : X-線 照射가 白鼠 顎骨에 미치는 影響에 關한 實驗的 研究. 대한치과의사협회지 12 : 695-699, 1974.
3. 김광식 : 방사선 조사가 백서 구강점막에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한치과의사협회지 18 : 955-963, 1980.
4. 김규식 : 放射線照射가 唾液腺組織에 미치는 影響에 關한 實驗的 研究. 대한치과의사협회지 15 : 667-671, 1977.
5. 김용각 : 頭頸部 放射線照射가 白鼠 舌粘膜에 미치는 影響에 關한 微細構造學的 研究. 대한치과의사협회지 21 : 555-564, 1983.
6. 박홍식 : X-線 및 Cobalt-60 照射가 齒牙 및 齒周組織에 미치는 影響에 關한 實驗的 研究.

대한치과의사협회지 12 : 57-63, 1974.

7. 이진주 · 이상철 : Co<sup>60</sup>放射線照射가 白鼠 顎下腺에 미치는 影響에 關한 電子顯微鏡的 研究. 경희대논문집 5 : 33-44, 1983.
8. 이의웅 : 放射線照射가 白鼠 顎骨 및 拔齒創治癒에 미치는 影響에 關한 實驗的 研究. 대한치과의사협회지 17 : 215-225, 1979.
9. 이의웅 : 放射線照射가 白鼠 唾液腺 組織에 미치는 影響에 關한 實驗的 研究. 대한치과의사협회지 18 : 657-667, 1980.
10. 古本啓一, 菊地厚 : 齒科放射線學. 第1版, pp. 118-125, 醫齒藥出版株式公社. 1986.
11. 足立忠 : 放射線醫學, 第7版 pp. 137-157, 醫學書院, 1977.
12. Goaz, P.W., and White, S.C.: Oral Radiology, 1st ed., pp. 41-60, C.V. Mosby, St. Louis, 1982.
13. Hall, E.J.: Radiobiology for the Radiologist, 1st ed., pp. 144-169, Harper and Row, New York, 1973.
14. Letty, M.S. and Marlene, H.K.: Dental and Oral Tissue. An introduction, 2nd ed. pp. 32-35, Lea and Febiger, Philadelphia, 1985.
15. McCarthy, P.L., and Shklar, G.: Disease of the Oral Mucosa, 2nd ed., pp. 346-349, Lea and Febiger, Philadelphia, 1980.
16. Pizzarello, D.J., and Witcofski, R.L.: Basic Radiation Biology, 2nd ed., pp. 20-29, Lea and Febiger, Philadelphia, 1975.
17. Pizzarello, D.J., and Witcofski, R.L.: Medical Radiation Biology, 2nd ed., pp. 8-14, Lea and Febiger, Philadelphia, 1982.
18. Shklar, G.: Oral Cancer, 1st ed., pp. 119-126, W.B. Saunders, Philadelphia, 1984.
19. Wuehrmann, A.H., and Manson-Hing, L.R.: Dental Radiology, 5th ed., pp. 67-94, C.V. Mosby, St. Louis, 1981.
20. Ang, K.K., Xu, F.X., Landuyt, W., and van der Schueren, E.: The kinetics and capacity of repair of sublethal damage in mouse lip



- mucosa during fractionated irradiations. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 11: 1977-1983, 1985.
21. Ang, K.K., Xu, F.X., Vanuytsel, L., and van der Schueren, E.: Repopulation kinetics in irradiated mouse lip mucosa: the relative importance of treatment protraction and time distribution of irradiations. *Radiat. Res.* 101: 162-169, 1985.
  22. Bernier, J.L.: The effects of atomic radiation on the oral and pharyngeal mucosa. *J.A.D.A.* 39: 647-657, 1949.
  23. Borek, C. and Hall, E.J.: Effect of split doses of x-ray on neoplastic transformation of single cells. *Nature* 252: 499-501, 1974.
  24. Braun, H.: Morphologische fruliveronderungen in zytoplasma der leberzellen nach roentgenbestrahlung. *Strahlentherapie* 17: 134-142, 1962. cited from 49.
  25. Burston, M.S.: The effect of x-ray irradiation of the teeth and supporting structures of the mouse. *J. Dent. Res.* 29: 220-231, 1950.
  26. Burston, M.S.: Radiobiology of the oral tissue. *J.A.D.A.* 47: 630-636, 1953.
  27. Chase, L.D., Toto, P.D., and Megalotti, M.F.: Radiation induced changes in the epithelium of the buccal mucosa. *J. Dent. Res.* 40: 929-935, 1961.
  28. Coady, J.M., Santangelo, M.V., and Toto, P.D.: Gamma irradiated mouse incisor. *J. Dent. Res.* 46: 681-685, 1967.
  29. Cottier, H., Roos, B., and Barandun, S.: Effects of ionizing radiation on cellular components; electron microscopic observations. In *Cellular Basis and Etiology of Late Somatic Effects of Ionizing Radiation*. ed. Harris, R.J.C. pp. 113-118, Academic Press, New York, 1963. cited from 49.
  30. Dale, P.P.: The effect of x-rays on rat incisor. *J. Dent. Res.* 27: 730-731, 1948.
  31. Dale, P.P.: The effect of x-ray irradiation on the rat incisor. *J. Dent. Res.* 32: 117-125, 1953.
  32. de Rey, B.M., and Cabrini, R.L.: Ultrastructural alterations in x-irradiated epidermis. *J. Invest. Dermatol.* 60: 137-149, 1973.
  33. Dewey, W.C., and Humphery, R.M.: Relative radiosensitivity of different phases in the life cycle of L-P59 mouse fibroblasts and ascites tumor cells. *Radiat. Res.* 16: 503-530, 1962. cited from 52.
  34. Ellis, F.: Dose, time and fractionation in clinical hypothesis. *Clin. Radiol.* 20: 1-7, 1969.
  35. English, J.A., Schlack, C.A., and Ellinger, F.: Oral manifestations of ionizing radiation. II. effects of 200kv x-ray or rat incisor teeth when administered locally to the head in the 1500 rads dose image. *J. Dent. Res.* 33: 377-388, 1954.
  36. English, J.A. and Tullis, J.L.: Oral manifestation of ionizing radiation. I. Oral lesions and effect on developing teeth of swine exposed to 200kv total body x-ray irradiation. *J. Dent. Res.* 30: 33-52, 1951.
  37. Focht, E.F., Merriam, G.R. Jr., and Schwartz, M., et al.: A method of radiation cataract analysis and its uses in experimental fractionation studies. *Radiol.* 87: 465-474, 1966.
  38. Fowler, J.F. and Stern, B.E.: Dose-rate effects; some theoretical and practical consideration. *Br. J. Radiol.* 33: 389-395, 1960.
  39. Goepp, R.A., and Fitch, F.W.: Radiation effects on oral epithelium in mice. *J. Dent. Res.* 48: 641-645, 1969.
  40. Gowgiel, J.M.: Experimental radio-osteonecrosis of the jaws. *J. Dent. Res.* 39: 176-

- 197, 1960.
41. Hageman, R.F. and Concannon, J.P.: Time/dose relationships in abdominal irradiations: a definition of principles and experimental evaluation. *Brit. J. Radiol.* 48: 545-555, 1975.
  42. Hansen, S.L. and English, J.A.: Histologic changes in the incisor teeth of rats serially sacrificed after receiving 1500R of 200kv x-ray irradiation. *J. Dent. Res.* 36: 414-431, 1957.
  43. Hendee, W.R. and Alder, M.: Ultrastructural manifestations of cellular radiation dose. *Radiol.* 88: 588-589, 1967.
  44. Horn, Y., Markitziu, A. and Ulmanky, M.: Effect of single versus fractionated doses of x-radiation on incisor in rats. *J. Dent. Res.* 54: 378-383, 1975.
  45. Hugon, J., and Borgers, M.: The ultrastructural localization of acid phosphatase in the crypt epithelium of the irradiated mouse epithelium. *J. Histochem. Cytochem.* 13: 524-532, 1965.
  46. Hugon, J., and Borgers, M.: Fine structure of the nuclei of the duodenal crypt cells after x-irradiation. *Am. J. Path.* 52: 701-723, 1968.
  47. Hugon, J., Maisin, J.R., and Borgers, M.: Changes in ultrastructure of duodenal crypts in x-irradiated mice. *Radiat. Res.* 25: 489-502, 1965.
  48. Kandori, F.: Studies on radiation cataract; determination of threshold dose level of radiation cataract. *Am. J. Ophthalmol.* 41: 627-632, 1956.
  49. Liu, H.M.: The early effect of x-irradiation on lip mucosa of rat. Electron microscopy and stereology. University of illinois, Ph.D. Thesis. 1974.
  50. Liu, H.M., Meyer, J., and Waterhouse, J.P.: light microsiopic distribution and electron microscopic identification of severely damaged cells in x-irradiated oral epithelium in rat. *Radia. Res.* 62: 288-298, 1975.
  51. Liu, H.M., Meyer, J., and Waterhouse, J.P.: An ultrastructural study of the effects of x-irradiation on the oral epithelium of the rat. qualitative aspects. *J. Oral Path.* 5: 194-208, 1976.
  52. Lurie, A.: Effects of low level x-radiation on the mitotic index of Hamster basal epithelial cells in vivo. *J. Dent. Res.* 48: 1049-1053, 1969.
  53. Mayo, J., Carranza, Jr. F.A., Epper, C.E. & Cabrini, R.L.: The effect of total body irradiation on the oral tissues of the Syrian Hamster. *O.S., O.M., & O.P.* 15: 739-745, 1962.
  54. Medak, H., and Burnett, G.W.: The effect of x-ray irradiation on the oral tissues of the Macacus Rhesus monkey, *O.S., O.M., & O.P.* 7: 778-786, 1954.
  55. Medak, H., Oartel, J.S., and Burnett, G.W.: The effect of x-ray irradiation on the incisors of the Syrian Hamster, *O.S., O.M., & O.P.* 7: 1011-1020, 1954.
  56. Medak, H., Weinreb, M., Sicher, H., Weinman, J.P., and Schour, I.: The effect of single doses of irradiation upon the tissues of the upper rat incisor. *J. Dent. Res.* 31: 559-574, 1952.
  57. Meyer, I., Shklar, G., and Turner, J.: A comparison of the effect of 200kv radiation and cobalt 60 radiation on the jaws and dental structures of the white rat. *O.S., O.M., & O.P.* 15: 1098-1108, 1962.
  58. Moulder, J.E. and Fisher, T.J.: Radiation reaction of rat skin; the role of the number of fractions and the overall treatment time. *Cancer*, 37: 2762-2767, 1976.

59. Nix, T.E., Nordquist, R.E., Scott, J.R., and Everett, M.A.: Ultrastructural changes induced by ultraviolet light in human epidermis; basal and spinous layers. *J. Invest. Dermatol.* 45: 52-74, 1965.
60. Parkins, C.S., Fowler, J.F., and Yu, S.: A murine model of lip epidermal/mucosal reactions to x-irradiation. *Radiother. Oncol.* 1: 159-166, 1983.
61. Rosen, S., Swerdlow, M.A., Muehrcke, R.C., and Pirani, C.L.: Radiation nephritis. Light and electronmicroscopic observations. *Am. J. Clin. Path.* 41: 487-502, 1964.
62. Sandstrom, N.F. and Goepf, R A.: Radiation induced epithelial-submucosal separation; An electron and light microscopical investigation. *J. Dent. Res.* 56: 1383-1390, 1977.
63. Schenken, L. and Hagemann, R.: Time/dose relationships in experimental radiation cataractogenesis. *Radiol.* 117: 193-198, 1975.
64. Scherer, E., and Vogell, W.: Elektronenoptische untersuchungen zur strahlenwirkung auf leber, milz und niere. *Strahlentherapie* 106: 202-211, 1958. cited from 49.
65. Sognnaes, R.F., and Albright, J.T.: Preliminary observations on the fine structure of oral mucosa. *Anat. Rec.* 126: 225-234, 1956.
66. Squier, C.A.: Ultrastructural observations on the keratinization process in rat buccal epithelium. *Archs. Oral. Biol.* 13: 1445-1451, 1968.
67. Stern, I.B.: Electron microscopic observations of oral epithelium: I basal cells of the basement membrane. *Periodontics*, 3: 224-238, 1965.
68. Volk, B.W., Wellman, K.F, and Lewitan, A.: The effect of radiation on the fine structure and enzyme content of the dog pancreas. I. Short-term studies. *Am. J. Path.* 48: 721-753, 1966.
69. Xu, F.X., van der Schueren, E., and Ang, K.K.: Acute reactions of the lip mucosa of mice to fractionated irradiations. *Radiother. Oncol.* 1: 369-374, 1984.

— ABSTRACT —

## AN ELECTRON MICROSCOPIC STUDY ON THE EFFECTS OF IRRADIATION ON THE BUCCAL MUCOSA OF RAT

**Choi, Syng Kyu**, D.D.S., M.S.D., **Lee, Sang Rae**, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

*Department of Dental Radiology, Division of Dentistry,  
Kyung Hee University*

The author studied the acute reaction of cobalt-60 irradiation to buccal mucosa in rats and difference of the effects of single versus fractionated exposure. 195 Sprague Dowley strain rats, weighing about 120gm, were used in this experiment. 3 rats served as controls and the remaining 192 rats were divided into six groups of 32 rats each. Experimental group I, II, III were received a single dose of 15Gy, 16.5Gy, 18Gy and group IV, V, VI were received two equal sized fractionated dose of 9Gy, 9.75Gy, 10.5Gy at 4 hour intervals, respectively.

The experimental groups were irradiated with cobalt-60 teletherapy unit, Picker model 4M 60 (Field size, 12x5 cm, SSD, 50 cm, Dose rate, 222cGy/min, Depth, 1 cm).

The animals were sacrificed at 1, 2, 3, 6, 12 hours, 1, 3, 7 days after irradiation and the changes of the irradiated buccal mucosa were observed by electron and light microscopy.

The results were as follows:

1. A single exposure was more damaging than fractionated exposure, and as the radiation dose increased, the changes of cell organelles became faster, but the healing of radiation-induced damage in fractionated exposure was faster than in single exposure.
2. The radiation-induced changes of the basal cells were the most prominent in 18Gy-single exposure group, and the least in 18Gy-fractionated exposure group.
3. Electron-microscopically, there appeared nuclear changes, swelling of mitochondria and rough endoplasmic reticulum, decrease of free ribosome, presence of vesicles, widening of intercellular space, and loss of basal lamina. The early remarkable changes were partly loss of nuclear membrane and swelling of mitochondria.
4. Light-microscopically, derangement and pyknosis of basal cells, hydropic changes of spinous cells, enlargement of granular cells, indistinctness of basement membrane, and proliferation of epithelium were observed.

## EXPLANATION OF FIGURES

### < Light Microscopic Features >

- Fig. 1.** Photomicrograph shows 4 distinct layers which are basal, spinous, granular and keratinizing layer.  
(control group; X200)
- Fig. 2.** Photomicrograph shows pyknotic change and irregular arrangement of basal cells.  
(1 hour after 18Gy irradiation by single exposure; X400)
- Fig. 3.** Photomicrograph shows partly irregular arrangement of basal cells.  
(3 hours after 15Gy irradiation by single exposure; X100)
- Fig. 4.** Photomicrograph shows severe hydropic change and loss of basal cells.  
(6 hours after 18Gy irradiation by single exposure; X100)
- Fig. 5.** Photomicrograph shows thinning of epithelium and irregularity of basal layer.  
(12 hours after 18Gy irradiation by single exposure; X100)
- Fig. 6.** Photomicrograph shows slightly irregular arrangement, but increase number of repaired basal cells.  
(3 days after 18Gy irradiation by single exposure; X100)
- Fig. 7.** Photomicrograph shows mitotic and hyperplastic basal cells.  
(3 days after 18Gy irradiation by single exposure; X400)

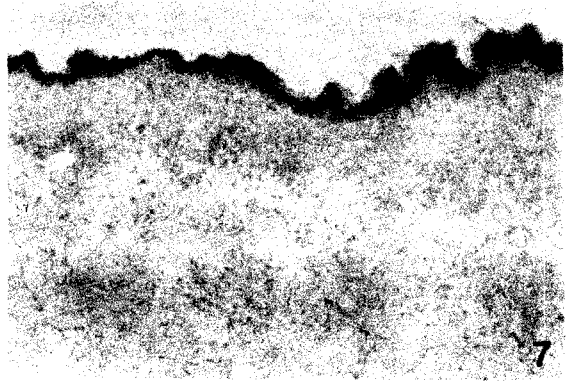
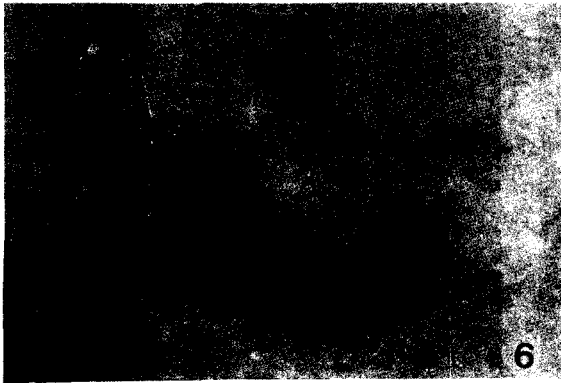
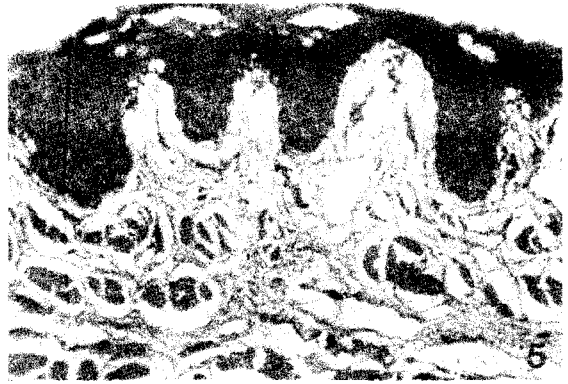
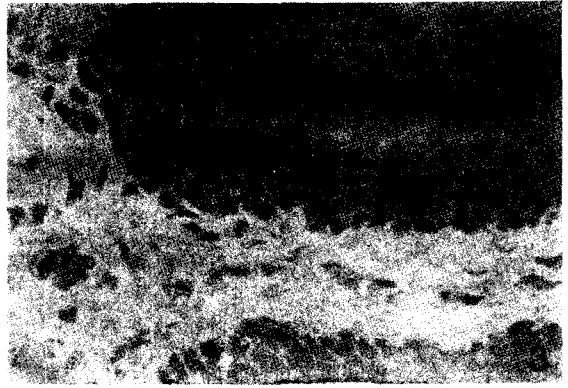
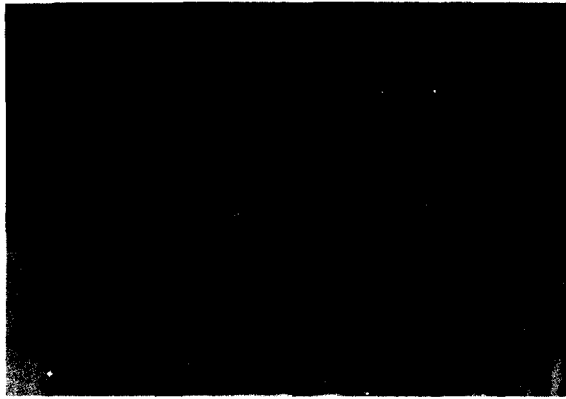
### < Electron Microscopic Features >

D : desmosome	N : nucleus
ER : endoplasmic reticulum	R : ribosome
HD : hemidesmosome	T : tonofibril
ICS : intercellular space	V : vesicle
M : mitochondria	

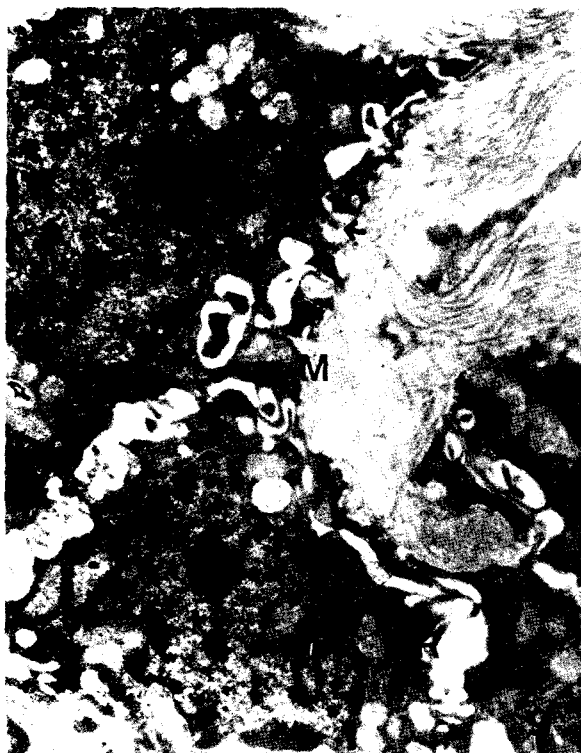
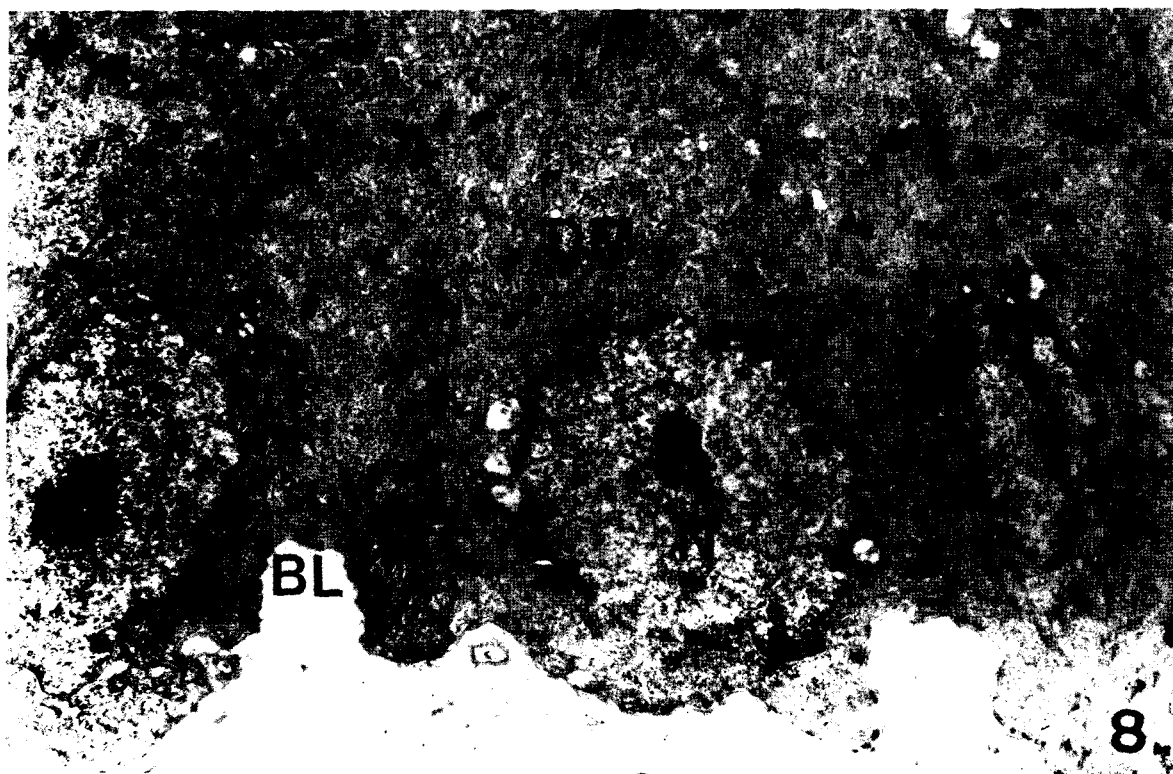
- Fig. 8.** Electron photomicrograph shows intact basal lamina, hemidesmosome, desmosome, nucleus and some organelles.  
(control group; X3,000)
- Fig. 9.** Electron photomicrograph shows partly loss of nuclear membrane (◀) and basal lamina (↔). Enlarged mitochondria and well developed rough endoplasmic reticulum are shown.  
(1 hour after 18Gy irradiation by single exposure; X12,000)

- Fig. 10.** Electron photomicrograph shows indistinct nuclear membrane and perinuclear edema ( $\leftarrow\Rightarrow$ ). Loss of cristae in mitochondria and rough endoplasmic reticulum are shown. (2 hours after 15Gy irradiation by single exposure; X30,000)
- Fig. 11.** Electron photomicrograph shows indistinct nuclear membrane ( $\leftarrow$ ) and basal lamina ( $\blackleftarrow$ ). Desmosomes are well developed, but many depression of nucleus and focally aggregated free ribosomes in cytoplasm. (6 hours after 16.5Gy irradiation by single exposure; X12,000)
- Fig. 12.** Electron photomicrograph shows indistinct nuclear membrane ( $\leftarrow$ ) and basal lamina ( $\blackleftarrow$ ), but in some part repaired basal lamina are shown ( $\blackleftarrow\blackleftarrow$ ). Perinuclear membrane-bound vesicles and tonofibril bundles are shown also. (1 day after 16.5Gy irradiation by single exposure; X7,300)
- Fig. 13.** Electron photomicrograph shows narrow intercellular spaces, well developed desmosome and hemidesmosomes. Basal lamina repaired almost normally ( $\blackleftarrow\blackleftarrow$ ). (3 days after 15Gy irradiation by single exposure; X5,000)
- Fig. 14.** Electron photomicrograph shows repaired nuclear membrane ( $\blackleftarrow$ ), and narrow intercellular spaces. Many perinuclear vesicles and desmosomes are shown also. (3 days after 18Gy irradiation by single exposure; X9,500)
- Fig. 15.** Electron photomicrograph shows clumping nucleus and loss of nuclear membrane ( $\blackleftarrow$ ). Well developed rough endoplasmic reticulum and wide intercellular spaces are shown. (1 hour after 18Gy irradiation by fractionated exposure; X24,000)
- Fig. 16.** Electron photomicrograph shows partly loss of nuclear membrane ( $\leftarrow$ ) and basal lamina ( $\blackleftarrow$ ). Mitochondrial changes are shown. (2 hours after 21Gy irradiation by fractionated exposure; X20,000)
- Fig. 17.** Electron photomicrograph shows vesicles between the nuclear depression and widened intercellular spaces. Loss of basal lamina is shown ( $\blackleftarrow$ ). (3 hours after 19.5Gy irradiation by fractionated exposure; X12,000)
- Fig. 18.** Electron photomicrograph shows partly loss of nuclear membrane ( $\leftarrow$ ) and completely loss of basal lamina ( $\blackleftarrow$ ). Very narrow intercellular spaces, well developed desmosomes and swelling of endoplasmic reticulum are shown. (6 hours after 21Gy irradiation by fractionated exposure; X15,700)
- Fig. 19.** Electron photomicrograph shows loss of basal lamina ( $\blackleftarrow$ ), but repaired partly ( $\blackleftarrow\blackleftarrow$ ). Many developed mitochondria, vesicles and free ribosomes are shown in cytoplasm. (3 days after 19.5Gy irradiation by fractionated exposure; X12,000)
- Fig. 20.** Electron photomicrograph shows newly formed mitotic cells. Narrow intercellular spaces, repaired nuclear membrane ( $\leftarrow$ ) and basal lamina ( $\blackleftarrow$ ) are shown. Only a few hemidesmosomes are shown. (7 days after 18Gy irradiation by fractionated exposure; X12,000)

논문 사진부도 ①

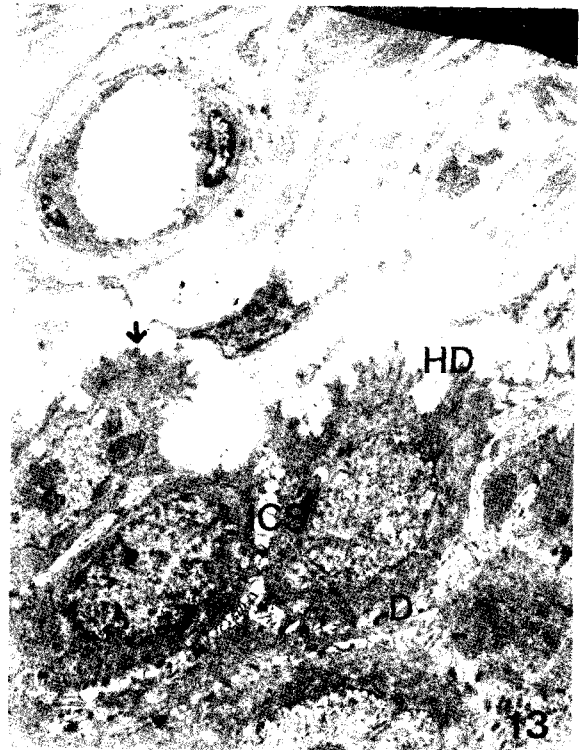


논문 사진부도 ②





논문 사진부도 ③





논문 사진부도 ⑤

