-대한구강악안면방사선학회지 : Vol. 25, No. 2, 1995-

방사선조사가 백서 구치 법랑질형성에 미치는 영향에 관한 주사전자현미경적 연구*

서울대학교 치과대학 구강악안면방사선학 교실

이 경 호 · 박 태 원

목 차

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 실험재료 및 방법
Ⅲ. 실험결과
Ⅳ. 총괄 및 고안
Ⅴ. 결 론
참고문헌
영문초록
사진부도설명

Ⅰ. 서 론

두경부에 발생한 악성종양 치료에 사용되는 방사선은 종양조직 뿐만 아니라 인접 정상조직에도 상당한 영향을 미치게 되어 형태적, 기능적 변화를 초래하게 한다. 주로 타액선과 치아 주위 조직을 포함하여 구강점막염, 구강건조증, 치아발육장애, 다발성 치아우식증, 미각장애 등이 보고되고 있다[1].

태생 후 치아 경조직에 대한 방사선의 영향에 대해서는 Tribondeau와 Recamier[2]가 어린 고양이에 방사선조사시 치아의 발육지연을 임상적으로 보고한 이래 Leist[3]가 최초로 조직학적으로 쥐와 개에서 방사선조사가 상아질 형성의 잠정적인 지연과 치아맹출의 지연 및 치근형성의 장애를 야기시켰으나 법랑질에는 변화가 없었다고 보고하였고, Herold[4], Smith[5,6], Adachi등[7], Murai등[8], Kimeldorf등[9], Pliess와 Frank[10], Koppang[11], Koppang과 Stokke[12]등이 상아질형성의 변화를 보고하였다.

Medak[13]은 1500-2000 rad 조사시에 법랑질의 미약한 저형성이 나타난다고 하였고, Dale[14]은 375 rad 에서도 법랑질의 변화를 보인다 하였다. Lindvall등[15]은 법랑질형성이 상아질형성보다 민감하다 하였으나 국내의 이와 이[16], 고와 조[17]를 비롯한 선학들은 상아질형성이 법랑질형성보다 민감하다고 보고하였다.

태내에 방사선조사시 치아 경조직에 미치는 영향에 관한 연구를 살펴보면, Burstone[18]은 태내백서에 ^{32}P를 투여하여 제1구치, 제2구치는 정상적인 분화를 하지 못하였고 제3구치의 분화는 완전히 차단되었다고 보고하였다. Piekos[19]는 자궁내에 있는 햄스터에 70 R 조사시 비정상적인 치아발육을 보인다고 하였다. Gartner등[20]은 태생 12일된 쥐에 400 rad를 조사하여 14-20일 사이에 희생시켜 전치성장의 영향을 조사하였다. 이와 유[21]는 태생 10일된 쥐에 방사선을 100-300rad 조사하여 태생 18일에 희생시켜 경조직 변화를 조직화학적으로 보고하였다.

방사선조사후의 법랑질 용해도에 관한 Poyton[22], Wiemann[23], Walker[24], Shannon등[25], Joyston-Bechal[26], Jansma등[27,28], Markitiziu[29] 등의 연구에서 많은 논란이 있었으나 최근에는 방사선은

* 이 연구는 '95년도 서울대학병원 지정진료 연구비 지원에 의한 결과임

성숙된 법랑질에 직접적인 변화를 주지 못하고 간접적인 방법 즉 구강건조증에 의해 법랑질의 탈회에 영향을 미친다고 알려지고 있다.

지금까지 치아 경조직에 미치는 방사선의 영향은 주로 태생 후에 방사선조사후 법랑질, 상아질, 치수 등의 변화를 광학현미경상에서 관찰하였거나 방사선 조사선량을 변화시킴으로 나타난 변화를 조사하였다. 이에 저자는 조사방사선량은 일정하게 하고 기관의 발육시기에 따른 법랑질의 구조적 변화를 주사전자현미경으로 관찰하여 이를 보고하는 바이다.

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

무게가 150~200g 인 백서(Sprague-Dawley) 암컷 30마리를 임신시킨 후 출산된 자백서중 평균몸무게에 가까운 자백서 총 70마리를 사용하였으며 수태는 교미후 질전의 존재유무로 확인하였다.

2. 실험방법

가. 방사선조사 및 희생

케타민(1ml/kg, 유한양행, Korea)을 복강내에 주사하여 마취한 후 세슘-137을 선원으로 하는 MK cell irradiator를 이용하여 방사선을 태내백서는 임신한 백서의 복부에, 자백서는 두경부에 조사하였다. 내부 각 지점에서 방사선선량을 미리 측정하여 선원으로부터 17cm 떨어진 곳의 선량율이 540cGy/min으로 확인하였으며 특별히 고안된 기구를 사용하여 실험동물이 선원으로부터 일정한 거리를 유지하도록 하였다.

실험군은 총 5개의 군으로 구분하여 1군은 태생 14일된 백서 15마리, 2군은 태생 19일된 백서 15마리, 3군은 생후 3일된 백서 15마리, 4군은 생후 8일된 백서 15마리, 5군은 생후 4주된 백서 10마리를 방사선조사하였다. 1, 2, 3, 4 군은 생후 2주, 4주, 6주 되는 날에, 5군은 방사선조사후 1일 및 생후 6주 되는 날에 각 5마리씩 희생하였고 대조군은 각각 생후 2주, 4주, 6주 되는 날에 5마리씩 희생하였다.

나. 표본제작 및 관찰

실험동물의 하악을 절취한 후 즉시 2.5% glutaraldehyde(0.1M carcodylate 완충액, pH 7.2)으로 전고정한 후, 1% osmic acid (0.1M carcodylate 완충액, pH 7.4)로 후고정한 다음 통법에 의해 알콜로 농도상승순으로 탈수하여 임계점 건조기로 건조한 후, ion-sputter를 이용하여 gold-palladium으로 피복한 후, 백서 제 1구치의 설측교두 설측경사의 원심 1/2, 교합면쪽 1/3 부분의 법랑질 표면을 주사전자현미경(JSM 840-A, JEOL, Japan)으로 300, 1,000, 5,000, 20,000 배 확대 관찰하였으며 이후 치아를 장축방향으로 협설로 파절시킨 후 단면에서 법랑소주의 배열 및 상아법랑경계를 관찰하였다.

Ⅲ. 실험결과

1. 법랑질 표면

방사선조사에 의해 법랑질은 5군을 제외한 모든 군에서 법랑질 표면이 거칠어지고 미세한 균열이 관찰되었으며 분화구 모양으로 법랑질저형성이 관찰되었다.

대조군

생후 2주, 4주, 6주 소견 모두에서 분화구 모양의 법랑질결손은 관찰되지 않았으나 미세한 균열이 보였고, 이는 2주보다는 4주 소견에서, 4주보다는 6주 소견에서 보다 많이 관찰되었다. 전체적으로 표면은 평활하였다(Fig. 1, 7).

실험 1군

생후 2주, 4주, 6주 소견 모두에서 법랑질 표면이 거칠어지고 미세한 균열이 관찰되었으며 분화구 모양의 법랑질결손이 관찰되었다. 법랑질저형성은 생후 2주, 4주, 6주 소견 모두에서 정도의 차이를 보이지 않았으며 양상은 짧게 끊어진 많은 선으로 된 굵은 그물형이었다. 분화구 모양의 법랑질결손은 생후 6주 소견으로 갈수록 그 수가 줄어드는 경향을 보였으나 미세균열은 반

대의 경향을 보였다(Fig. 2, 8).

실험 2군

1군의 소견들과 유사한 소견을 보였으나 법랑질 표면의 조조도가 다소 약했고 분화구 모양의 법랑질결손의 수, 법랑질저형성의 정도는 감소되는 경향을 보였다. 법랑질저형성의 양상은 1군과 유사했으나 좀더 치밀한 모습을 하고 있었고 법랑질결손이 작은 분화구 형태가 아니라 법랑질의 일부가 부서져 나간듯한 모양이 일부에서 관찰되었다. 한편, 다른 군에서는 보지 못했던 평행선을 여러 줄 그은 것같은 미세균열이 생후 2주, 4주, 6주 소견 모두에서 관찰되었다(Fig. 3, 9).

실험 3군

1, 2군에 비하여 법랑질 표면의 조조도가 매우 심했고 광범위하게 법랑질저형성이 나타났으며 법랑질저형성부위를 광확대한 사진에서 선형으로 깊게 파진 결손부위 좌우로 짧은 결손부위가 가지를 친 것같은 양상이 관찰되었다. 분화구 모양의 법랑질결손은 그 수가 급격히 감소하였으며 미세한 균열이 모든 경우에서 나타났으나 대조군과 비교하여 유의한 차이는 없었다(Fig. 4, 10)

실험 4군

생후 2주, 4주, 6주 소견 모두에서 법랑질의 표면은 대조군보다는 다소 조조도가 심하게 나타났으나 1, 2, 3군의 소견에 비하면 명백히 약했다. 분화구 모양의 법랑질결손은 3군과 비슷한 양상으로 나타났으며 미세한 균열은 대조군에 비해 유의한 차이를 인정할 수 없었다. 중등도의 법랑질저형성이 모든 경우에서 관찰되었고 광확대한 사진에서 법랑질 결정간의 연결이 완전히 단절된 양상으로 보였다. 생후 6주 소견에서는 법랑질표면의 조조도가 약했으며 법랑질저형성이 거의 관찰되지 않았다(Fig. 5, 11).

실험 5군

생후 2주, 4주, 6주 소견 모두에서 대조군과 유의한 차이를 발견하지 못하였다(Fig. 8).

5군을 제외한 모든 실험군에서 나타난 조조도, 법랑질저형성, 미세균열 등 3가지를 기준으로 하여 각 실험군사이의 변화정도의 차이를 비교하여 표 1에 정리하였다. 이 표는 동일항목에 대한 각 실험군의 변화정도의 차이를 대략적으로 알 수 있게 구성되었을 뿐이며 다른 항목과의 변화정도의 차이는 이 표를 통하여 알 수 없다.

Table 1. Radiation-induced changes on the enamel surface of the mandibular 1st molar of the rats.

		Roughness	Enamel hypoplasia	Crack
Control group	2 weeks	-	-	-
	4 weeks	-	-	-
	6 weeks	-	-	-
Group 1	2 weeks	++	++	+
	4 weeks	++	+	++
	6 weeks	++	+	++
Group 2	2 weeks	+++	+++	+++
	4 weeks	++	+++	+++
	6 weeks	++	++	++++
Group 3	2 weeks	++++	++++	-
	4 weeks	++++	++++	-
	6 weeks	+++	++++	+
Group 4	2 weeks	-	+	-
	4 weeks	+	+	-
	6 weeks	+	+	+
Group 5	2 weeks	-	-	-
	4 weeks	-	-	-

* - : no changes
+ : mild, ++ : moderate, +++ : severe, ++++ : severest

2. 협설측, 장축 방향으로 절단한 단면

대조군

2주 소견에서 법랑소주가 상아법랑경계에 대해 거의 직각으로 법랑소주끼리 서로 평행하게 주행하고 있으며 소주간질도 법랑소주에 거의 직각으로 위치하고 있었다. 법랑질과 상아질이 서로 교차되며 결합되어 있어 상아법랑경계가 불명확하고 넓게 퍼져 있었으며 약간의 굴곡을 가지고 있었다(Fig. 13).

4주 소견에서는 법랑소주가 2주 대조군에 비하여 다소 굵어진 것을 제외하고는 2주 대조군의 소견과 거의 유사하였다(Fig. 14).

6주 소견에서는 상아법랑경계가 비교적 직선에 가까웠으며 그외는 4주 대조군의 소견과 거의 유사하였다.

실험 1군

2주 소견에서 법랑소주들의 배열이 다소 불규칙하였고 상아법랑경계가 명확하여 상아질과 법랑질이 뚜렷이 구분되었으며 약간의 굴곡을 가지고 있었다.

4주 소견에서 상아법랑경계의 외형이 불규칙하며 경계가 명확하였다(Fig. 18).

6주 소견에서는 법랑소주의 형태가 다소 판상으로 관찰되었으며 법랑소주의 배열도 불규칙하였다.

실험 2군

2주 소견에서 법랑소주의 두께가 다소 감소하였고 상아법랑경계는 직선으로 명확하여 상아질과 법랑질이 뚜렷이 구분되었다(Fig. 15).

4주 소견에서도 상아법랑경계가 직선으로 보였으며 경계가 명확하여 상아질과 법랑질이 뚜렷이 구분되었다.

6주 소견에서는 대조군과 비교시 별다른 차이를 보이지 않았다.

실험 3군

2주 소견에서 대조군과 비교시 별다른 차이를 보이지 않았다.

4주와 6주 소견에서는 상아법랑경계가 직선으로 보였으며 경계가 명확하였고 법랑질과 상아질이 서로 교차되며 결합되는 모습이 뚜렷하지 않았으며 6주 소견에서 법랑소주의 배열이 다소 파형으로 관찰되었다(Fig. 18).

실험 4군

2주 소견에서 법랑소주들이 대조군에 비해 굵고 상아질과 인접한 부위에서 서로 교차되어 주행하고 있으며 약간의 파형을 보이고 있었다. 상아법랑경계는 곡선을 이루며 경계가 명확하여 상아질과 법랑질이 뚜렷이 구분되었다.

4주 소견에서는 법랑소주의 배열이 다소 불규칙하였고 일부에서 법랑소주간의 교차가 의심되었으며 소주간질의 양이 조금 많아 보였다. 상아법랑경계는 불명확하였다.

6주 소견에서는 법랑소주의 형태가 다소 판형으로 관찰되었으며 배열이 파형을 이루고 일부에선 서로 교차되는 양상을 보였다. 상아법랑경계가 명확하였고 상아질과 법랑질이 뚜렷이 구별되었으며 상아법랑경계에서 법랑질이 떨어져 나간 상아질부위가 관찰되었다(Fig. 19).

실험 5군

4주와 6주 소견 모두에서 대조군과 비교하여 별다른 차이를 보이지 않았다(Fig. 17).

Ⅳ. 총괄 및 고안

법랑질은 고농도 무기질의 결정을 가진 신체내에서 가장 단단한 조직이다. 이는 외배엽 기원의 상피세포인 법랑모세포로부터 형성된 특수한 조직이며 법랑질형성은 기질 형성 과정과 성숙과정으로 이루어지는데 법랑질 형성의 장애에 대한 정확한 기전은 아직까지 충분히 설명되고 있지 않다.[30-37]

방사선에 의한 조직의 손상정도는 조사부위와 조사총량, 조사방법, 개체의 방사선에 대한 생물학적 반응정도에 따라 다양하게 나타난다. 조직의 방사선에 대한 방사선감수성에 대한 차이는 조직을 구성하고 있는 실질세포의 감수성에 차이가 있거나, 세포의 전환시간, 조직내에서 세포간의 상호작용, 손상된 세포의 회복기능, 조직의 예비능에 따라 상이하다[38]. 그러므로 태아에 방사선이 조사되면 방사선조사량 뿐만 아니라 기관의 발육시기에 따라 나타나는 방사선 효과는 크게 차이가 있다.

법랑질에 대한 방사선의 영향은 백서를 이용한 연구가 대부분으로 주로 전치부에서 연구되어 왔다. 이는 전치의 성장, 발육이 일생동안 계속되므로 태생 후에도 치아발육을 연구할 수 있기 때문이다. 그러나 백서의 전치는 순면에만 법랑질이 존재하며 설면에는 법랑질이 없으며 본 실험은 성장 발육의 어떤 시기에 조사된 방사선의 영향을 성장 후 살펴보기 위함으로 연구목적과 부합되지 않아 인간 구치와 비슷한 백서 제1

구치를 표본으로 하였다.

Koppang[11]은 성장중인 백서의 전치 상아질에 조직변화를 보이는 최소 방사선량을 결정하기 위하여 연구한 결과 300 rad에서 상악전치에 상아질벽감(complete roentgen lesion)을, 하악전치에 상아질과 전상아질이 혼합된 벽감(Incomplete roentgen lesion)을, 400 rad에서 하악전치에 상아질벽감이 나타났다고 보고하였다. Dale[14]도 375 rad의 방사선선량에서 법랑질의 변화가 있었다고 보고한 바 있으므로 이번 실험에서의 방사선선량을 396 cGy로 하였다.

Lindvall등[15]은 법랑질형성과 상아질형성의 상대적인 방사선민감도를 조사하기 위하여 500-900 rad 방사선을 조사 후 5-21일 후에 희생시켜 미세방사선촬영술과 편광현미경으로 관찰하였다. 그 결과 법랑질은 외부로 길게 저형성(elongate external hypoplastic lesion)을 보이고 상아질에는 벽감(niche)이 보이고 변화의 정도는 방사선량에 따라 다양하며, 변화의 정도와 양상은 상아질에서 더욱 크나 저선량의 경우 법랑질에서 먼저 변화가 나타난다고 하였다. 따라서 법랑질형성이 상아질형성보다 방사선에 민감하다고 하였다.

백서에 있어서 태생 14일은 처음으로 치배가 형성되는 시기로 뇌상기에 해당하며 태생 18일에서 생후 3일까지는 치배의 발육속도가 갑자기 상승하는 시기이고 생후 3일부터 11일까지는 치아두정부위에서 처음으로 상아질이 나타나는 시기로 치배의 발육속도가 감소하는 시기이다. 대략 생후 10일에서 12일까지는 치관이 완성되는 시기이며 18일을 전후하여 하악의 제 1구치의 맹출이 일어난다.[39] 따라서 이번 실험의 1군은 치배형성기에 방사선조사가 법랑질형성에 미치는 영향을 보기 위하여, 2군은 치배의 발육속도와 방사선조사에 의한 효과와의 상호 연관성을 보기 위하여, 3군은 상아질형성 시기에 방사선조사가 법랑질형성에 미치는 영향을 보기 위하여, 4군은 치관이 완성되기 직전시기의 방사선조사가 법랑질형성에 미치는 영향을 보기 위하여, 5군은 치관형성과 함께 구강내로의 맹출이 완전히 완료된 시기에 방사선조사가 법랑질에 미치는 영향을 보기 위하여 선택되었다.

본 실험결과에 의하면 396 cGy의 방사선조사시 치아표면의 조조도는 3군에서 가장 거칠고 1군, 2군, 4군, 5군의 순서로 평활해지고 있었으며 이는 치배가 최초로 형성되는 시기보다는 오히려 법랑질 기질의 형성이 이루어지는 시기에 조사된 방사선이 더 큰 이상을 야기한다는 것을 보여 준다. 각 치아에 나타난 법랑질저형성은 역시 3군에서 가장 심했고 1군, 4군, 2군, 5군의 순으로 정도가 미약해졌으며 이는 법랑질저형성이 완전히 형성된 법랑질에 방사선을 조사할 때에는 발생되지 않으며 발육중인 법랑질에 방사선이 조사되었을때 나타나는 것이라는 기존의 견해를 재차 확인하는 것이다.

English와 Tullis[40]에 의하면 법랑질기질 형성전에 방사선을 조사하면 법랑모세포에 극성의 변화가 생긴다고 하였다. 전리방사선은 극성 변화과정을 방해하여 법랑모세포의 기능적인 변화 또는 세포내 효소를 파괴하여 정상적인 대사과정이 혼란되어 법랑질 기질형성에 실패를 유도한다.

Gartner등[20]은 태생 12일의 쥐에 400 rad를 조사하여 14일부터 20일사이에 희생시켜 전치발육의 영향을 조사한 결과 법랑모세포와 조상아세포의 형태가 비정상적이고, 치아경조직의 형성이 억제되고, 태아 3마리는 전치치배가 완전히 없어졌다고 보고하였다. 발육장애의 다양성은 실험계획에 고유한 요인들, 예를 들면 수정시기의 다양성, 방사선 조사시의 조직, 형태분화의 시기의 개별적 차이 등에 기인한다고 하였다. 본 실험에서는 태생 14일에 조사된 선량에서 생후 2, 4, 6주 후 미맹출 치아는 없었으며 법랑질에 분화구모양의 결손이 다른 군과 비교해 볼때 많이 관찰되었다.

Callas등[41]은 분화과정에 있는 발육치배조직에 방사선을 조사하였을 경우에도 기관분화는 정상적인 방향으로 진행됨을 보고 분화와 성장면에서의 방사선장애는 서로 다르다고 하였다. 이와 유[21]의 연구에서도 태생 10일된 백서에 100 rad 조사시는 대조군과 차이가 없었고 200 rad 조사시에 조직화학적으로 절치부에 법랑질저형성을 보였다. 이 시기는 절치 치배조직의 활발한 기질형성이 진행되는 시기이다.

미세균열은 모든 군에서 생후 2주 보다는 생후 4주에서, 생후 4주 보다는 생후 6주에서가 더욱 심하였으며 이는 방사선조사에 의한 효과라기보다는 생활하면서 치아를 사용하는 도중에 생긴 것으로 생각된다. 단지 2군과 1군에서 다른 실험군과는 다르게 미세균열이 많이 발견되어 방사선조사에 의한 효과를 암시하고 있다.

백서구치의 협설측, 장축 방향으로 파절된 단면에서는 법랑소주의 방향, 소주간질, 상아법랑경계 등을 주로 관찰하였다. Risnes[42]는 만약 법랑모세포가 법랑소주의 방향을 따라 움직인다면 법랑모세포의 이동을 제어하는 인자에 의하여 법랑소주의 배열이나 배향이 결정된다 하였다. 이러한 인자에는 유전적 인자와 환경적 인자들이 있는데, 환경적 인자에는 법랑모세포의 연합양상[43,44], 분비의 힘[44], 법랑모세포의 길이[44], 법랑모세포의 곡선도[45], 법랑모세포의 횡단면 크기[46], 법랑기에 공급하는 미세혈관의 배열[47], 상아법랑경계의 결합양상[48] 등이 있다. 그러나 이러한 환경을 형성하는 것도 결국은 유전자에 의한 것으로 환경인자와 유전인자를 명확히 구별하는 것은 불필요하였다. 본 실험에서는 방사선조사가 환경인자에 미치는 영향을 일부 관찰할 수 있었는데, 방사선조사시 상아질과 법랑질이 서로 교차되며 결합하여 상아법랑경계가 불명확하고 넓게 퍼져 있는 모습이 5군을 제외한 모든 실험군에서 발견되지 않았다. 이는 방사선조사로 인해 가장 먼저 그리고 심한 영향을 받는 부분이 상아법랑경계라는 것을 보여주는 것이며 이로 인해 외력에 대한 저항성이 현저히 약해지는 것으로 생각된다. 협설측, 장축방향으로 힘을 가하여 파절시 실험군에서 상아질과 법랑질이 분리되는 현상이 발견되었으며 그 단면을 살펴볼 때, 단면이 비교적 평활하여 상아질과 법랑질이 서로 교차되며 결합하는 모습이 거의 관찰되지 않았다.

상아법랑경계의 결합양상은 법랑모세포의 이동을 제어하는 한 요인이지만, 본 실험에서는 상아법랑경계의 결합양상이 변하였음에도 불구하고 법랑소주의 배열이나 배향이 거의 변하지 않아서 상아법랑경계의 결합양상이 법랑모세포의 이동방향에 영향을 주는 것이 시기에 따라 좌우되는 것으로 생각된다. 그러나 본 실험에서는 거의 모든 실험군에서 상아법랑경계의 결합양상이 변하여 방사선조사시기에 따른 차이점을 규명하기는 힘들었다. 상아법랑경계의 결합양상이 변한 정확한 시점을 알고 그에 따라 법랑소주의 배열이나 배향을 내부 법랑질과 외부 법랑질, 치경부 법랑질과 교합면측 법랑질에서 조사 연구함으로써 상아법랑경계의 결합양상이 법랑모세포의 운동방향에 어떻게 영향을 끼치는지, 그로 인해 법랑소주의 배열이나 배향이 어떻게 변하는지 알 수 있을 것으로 생각된다.

4군과 1군, 3군에서 법랑소주의 배열이 다소 불규칙해졌지만 변화의 양상이 미미하여 구치의 교합면측 법랑질의 배열이 정상군에서도 다양하게 나타나기 때문에 이를 정확히 방사선효과에 의한 것이라고 인정하기 힘들었다. 방사선조사선량을 늘리고 치아의 다양한 부분들을 관찰함으로써 방사선조사에 의해 법랑소주의 배열이상이 초래되는지, 초래된다면 그 양상은 어떤지 알 수 있을 것으로 생각된다.

방사선민감도는 치아가 조직적인 분화 전에는 매우 민감하고 또한 치배의 점차적인 석화화 시기에 민감하나 일단 석회화되고 난 후에는 더 이상 민감하지 않다[49]. 5군의 경우 모든 기준에서 대조군과 유의한 차이를 보이지 않았는데 이는 법랑질이 완성된 이후에는 방사선조사가 법랑질에 영향을 미치지 않는다는 것을 보여 주는 것이다. 그러나 Jervoe[50]는 10000 Gy 이상 조사시의 X-선회절연구에서 인간 법랑질의 결정구조에 방사선 유도 변화가 보였다고 하였다.

현재까지의 치아경조직에 대한 방사선의 영향은 태내의 경우는 치배형성기, 생후의 경우는 특별히 어떤 시기를 고려치 않고 치배 발육과정으로써 연구되어 왔다. 본 연구에서는 백서 구치의 연속적인 발육과정과 회복기능을 유추할 수 있었으나 결과적으로 법랑질의 표면과 일부 단면을 관찰하는데 국한되었다. 앞으로 생화학적 방법 등을 통하여 다양한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

치아의 발육시기에 따른 방사선조사가 법랑질

형성에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 백서를 5군으로 구분하여 1군 태생 14일된 백서 15마리, 2군 태생 19일된 백서 15마리, 3군 생후 3일된 백서 15마리, 4군 생후 8일된 백서 15마리, 5군 생후 4주된 백서 15마리에 396cGy의 방사선을 조사하였다. 각 실험군당 3마리씩 총 15마리를 대조군으로 하여 대조군과 실험 1, 2, 3, 4군은 생후 2, 4, 6주후 희생하고, 실험 5군은 방사선조사후 1일 및 생후 6주후에 희생하여 하악 제 1구치 설측교두의 설측경사 원심 1/2 과 교합면 1/3 부위의 법랑질 표면과 협설측을 따라 장축으로 파절된 단면을 주사전자현미경으로 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 법랑질표면의 조조도와 법랑질저형성은 3군에서 가장 심하게 나타났으며 2군, 1군, 4군의 순으로 감소되었고 미세균열은 1군과 2군에서 높은 빈도로 나타났다.
2. 법랑질저형성의 양상은 1군과 2군에서는 그물모양으로 3군과 4군은 선형으로 관찰되었고 분화구모양이 전 실험군에서 관찰되었으나 특히 1군과 2군에 많았다.
3. 5군을 제외한 모든 실험군에서 상아법랑경계가 명확하고 선형으로 뚜렷이 구분되었다.
4. 5군에서는 대조군과 비교하여 유의한 변화를 관찰하지 못하였다.

REFERENCES

1. Robinson, J. E.: Dental management of the oral effect of radiology, J. Pros. Dent. 14 : 582-587, 1964.
2. Tribondeau, L. & Recamier, D. : Alterations des yeau et du squelette facial d'um chat nonveau-ne par reontgensation, Compt. redd. Soc. de biol. 57 : 1031, 1905. (cited from #14).
3. Leist, M. : The effect of X-ray and Radium on the teeth and jaws, Strahlen Therapue, 24 : 268, 1927. (cited from #14).
4. Herold, Kurt. : The effect of roentgen rays on the growth of dog's jaws, Deutsche Monatschr, F. Zahnh. 49 : 97, 1931.(cited from #14).
5. Smith, R. A. : The effect of roentgen rays on the developing teeth of rats, J. A. D. A. 18 : 111, 1931.
6. Smith, R. A. : Effect of X-rays on the developing teeth of rats, Am. J. Ortho. 24 : 428, 1938.
7. Adachi, T., Murai, T., Kikuchi, A. & Yonoga, T. : Effect of radiation on hard tissues. III. Effect of radiation on teeth, Bull. Tokyo Med. Dent. Univ. 4 : 215-224, 1957.
8. Murai, T., Kikuchi, A. & Nakamura, T. : The effect of irradiation on the developing permanent tooth of the young cat, Bull. Tokyo Med. Dent. Univ. 5 : 81-109, 1958.
9. Kimeldorf, D. J., Jones, D. G. & Castanera, T. J. : The radiobiology of teeth, Radiat. Res. 20 : 518-540, 1963.
10. Pliess, Y. & Frank, H. : Die wirkung von Rontgenstrahlen auf die Incisorbasis der Ratte, Frankfurter Z. Path. 70 : 346-366, 1960.
11. Koppang, H. S. : Studies on the radiosensitivity of the rat incisor, Thesis. Oslo, 1966.
12. Koppang, H. S. & Stokke, T. : Further studies on the radiosensitivity of the rat incisor, Odont. T. 77 : 47-62, 1969.
13. Medak, H., Weinerb, M., Sicher, H., Weinmann, J. P. & Schour, I. : The effect of single doses of irradiation upon the tissues of the upper rat incisor, J. Dent. Res. 31 : 359-474, 1952.
14. Dale, P. P. : The effect of X-ray irradiation on the rat incisor, J. Dent. Res. 32 : 117-125, 1953.
15. Lindvall, A. M., Omnell, K. A. & Schildt, B. E. : The effect of roentgen irradiation on the formation of enamel and dentin in maxillary rat incisors, Scand. J. Dent. Res. 80 : 253-263, 1972.
16. 이찬영, 이정석 : Co-60 방사선조사가 백서치아에 미치는 영향에 관한 실험적연구, 연세치대논문집 2 : 267-275, 1983.
17. 고광현, 조한국 : 방사선조사와 Cyclophosphamide가 치아형성에 미치는 영향에 관한 병리조직학적 연구, 경희치대논문집 4 : 259-267, 1982.
18. Burstone, M. S. : The effect of radioactive phosphorus upon the development of the embryonic tooth bud and supporting structures, Am. J. Path. 27 : 21-39, 1951.
19. Piekos, B. : Studies on the influence of the x-radiation on the tooth primordia in the golden hamster, Acta Med. Pol. Vars. 10 : 75-118, 1969.
20. Gartner L. P., Hiatt J. L. and Provenza D. V. : Effects of ionizing radiation on incisor development of the prenatal mouse, Acta Anat. 98 : 367-375, 1977.

21. 이기식, 유동수 : Cobalt-60이 발육치배조직에 미치는 영향에 관한 실험적 연구, 치과방사선 6 : 33-38, 1976.
22. Poyton, H. G. : The effects of radiation on teeth, Oral Roentgenology 26 : 639-646, 1968.
23. Wiemann, M. R. JR., Davis, M. K. & Besic, F. C. : Effects of x-radiation on enamel solubility, J. Dent. Res. 51 : 868, 1972.
24. Walker, R. : Direct effect of radiation on the solubility of human teeth in vitro, J. Dent. Res. 54 : 901, 1975.
25. Shannon, I. L., Wescott, W. B., Starcke, E. N. & Mira, J. : Laboratory study of cobalt-60-irradiated human dental enamel, J. Oral Med. 33 : 23-27, 1978.
26. Joyston-Bechal, S. : The effect of x-radiation on the susceptibility of enamel to an artificial caries-like attack in vitro, J. Dent. 13 : 41-44, 1985.
27. Jansma, J., Buskes, J.A.K.M., Vissink, A. & Mehta DM's-Gravenmade E.J. : The effect of x-ray irradiation on the demineralization of bovine dental enamel. A constant composition study, Caries Res. 22 : 199-203, 1988.
28. Jansma, J., Vissink, A., Jongebold, W. L., Retief, D. H. & Johannes's-Gravenmade E. : Natural and induced radiation caries : A SEM study, Am. J. Dent. 6 : 130-136, 1993.
29. Marktiziu, A. : Enamel solubility profile of irradiated rat molar, J. Dent. 19 : 304-306, 1991.
30. Frank, R. M. : Tooth enamel : current state of the art, J. Dent. Res. 58(B) : 684-693, 1979.
31. Simmelink, J. M. & Nygaard, V. K. : Disturbances and defects in enamel development, J. Dent. Res. 58 (B) : 717-724, 1979.
32. Fejerskov, O. : Human dentition and experimental animals, J. Dent. Res. 58(B) : 725-731, 1979.
33. Eanes, E. D. : Enamel apatite : chemistry, structure and properties, J. Dent. Res. 58(B) : 829-834, 1979.
34. Kerebel, B., Daculsi, G. & Kerebel, L. M. : Ultrastructural studies of enamel crystallites, J. Dent. Res. 58(B) : 844-850, 1979.
35. Glick, P. L. : Patterns of enamel maturation, J. Dent. Res. 58(B) : 883-892, 1979.
36. Moreno, E. C. & Zahradnik, R. T. : Demineralization and remineralization of the dental enamel, J. Dent. Res. 58(B) : 896-902, 1979.
37. Leach, S. A. : Enamel matrix and crystals - Chicken and eggs?, J. Dent. Res. 58(B) : 943-947, 1979.
38. Hulse, E. V. : The effects of ionizing radiation in the embryo and fetus: a review of experimental data, Clin. Radiol. 15 : 312-319. 1964.
39. Kurahashi, Y., Nagai, N., Watanabe, H., & Yama, K. : Chronological observation of the odontogenesis of the rat molars, Bull. Tokyo Dent. Coll. 9 : 147- 159, 1968.
40. English, J. A. & Tullis, J. L. : Oral manifestation of ionizing radiation I. Oral lesions and effect on developing teeth of swine exposed 2000Kv. Total body x-ray irradiation, J. Dent. Res. 30 : 33, 1951.
41. Callas, G. & Walker, B. E. : Palate morphogenesis in mouse embryo after x-radiation, Ant. Res. 145 : 61, 1963.
42. Risnes, S. : The prism pattern of rat molar enamel : A scanning electron microscopic study, Am. J. Anat. 155 : 245-248, 1979.
43. Risnes, S. : A scanning electron microscopic study of aberrations in the prism pattern of rat incisor inner enamel, Am. J. Anat. 154 : 419-436, 1979.
44. Osborn, J. W. : Variations in structure and development of enamel, Oral Sci. Rev. 3 : 3-83, 1973.
45. Warshawsky, H. : A freeze-fracture study of the topographic relationship between inner enamel-secretory ameloblasts in the rat incisor, Am. J. Anat. 152 : 153-208, 1978.
46. Boyde, A. : Correlation of ameloblast size with enamel prism pattern: Use of scanning electron microscope to make surface area measurements, Z. Zellforsch. 93 : 583-593, 1969.
47. Boyde, A. : Electron microscopic observations relating to the nature and development of prism decussation in mammalian dental enamel. Bull. Group. Int. Rech. Sc. Stomat. 12 : 151-207, 1969.
48. Ermin, R. : Raster-Elektronenmikroskopische Betrachtungen an Zahnkeimen von weissen Maeusen, Bull. Group. Europ. Rech. Sc. Stomat. et Odont. 17 : 105-122, 1974.
49. Guggenheimer, J., Fischer W. G. & Pechersky, J. L. : Anticipation of dental anomalies induced by radiation therapy, Radiology 117 : 406, 1975.
50. Jervoe, P. : X-ray diffraction investigation on the effect of experimental and in situ radiation of mature human teeth. A preliminary report, Acta. Odontol. Scand. 28 : 623-631, 1970.

-ABSTRACT-

A SEM STUDY OF RADIATION EFFECTS ON THE RAT MOLAR ENAMEL FORMATION

Kyung-Ho Lee, Tae-Won Park

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Graduate School, Seoul National University

The purpose of this study was to investigate the effects of radiation on the formation of rat molar enamel at the developmental stage.

The experimental animals were divided into five groups and were irradiated single dose of 396cGy ; 1st group on 14th day of gestation, 2nd group on 19th day of gestation, 3rd group on 3 days after birth, 4th group on 8 days after birth, 5th group on 28 days after birth. The control and 1, 2, 3, and 4th experimental groups were sacrificed on 2, 4, and 6 weeks and the 5th groups were sacrificed on 1 day and 2 weeks after irradiation.

Distal 1/2 and occlusal 1/3 enamel surface of lingual side of lingual cusp, and fractured surface of lingual side of lingual cusp in a longitudinal direction of the mandibular first molar were examined using scanning electron microscope.

The following results were obtained.

1. The roughness of enamel surface and enamel hypoplasia were increased in a sequence of 4th, 1st, 2nd, and 3rd experimental group, and the enamel cracks were increased in the 1st and 2nd experimental group.
2. The pattern of enamel hypoplasia had a network form on the 1st and 2nd experimental group, and appeared a linear shape on the 3rd experimental group, and then the crator-like enamel defects were observed in all experimental groups (especially 1st and 2nd experimental group) except 5th.
3. Dentinoenamel junction showed the clear-cut and straight appearance except 5th experimental group.
4. There was no significant difference between 5th experimental and control group.

Key words : Enamel formation, Developmental stage, Irradiation, Scanning Electron Microscopy

EXPLANATION OF FIGURES

Fig. 1. Control Group, SEM micrograph on the enamel surface on 4 weeks after birth. The enamel surface is smooth and intact (X 5,000).

Fig. 2. Experimental Group 1, SEM micrograph on the enamel surface on 4 weeks after birth. Hypoplastic enamel shows a reticular appearance with multiple short lines (X 5,000).

Fig. 3. Experimental Group 2, SEM micrograph on the enamel surface on 4 weeks after birth. Enamel was partially broken and the fragment is detached from the enamel surface (X 5,000).

Fig. 4. Experimental Group 3, SEM micrograph on the enamel surface on 4 weeks after birth. Multiple cracks are observed radiated from deep glen-like defects (X 5,000).

Fig. 5. Experimental Group 4, SEM micrograph on the enamel surface on 4 weeks after birth. Microcracks are observed around the hypoplastic area (X 5,000).

Fig. 6. Experimental Group 5, SEM micrograph on the enamel surface on 4 weeks after birth. The enamel surface is smooth with the exception of deep crack (X 5,000).

Fig. 7. Control Group, SEM micrograph on the enamel surface on 6 weeks after birth. The number of microcracks is increased when compared to control group, 4 weeks after birth (X 5,000).

Fig. 8. Experimental Group 1, SEM micrograph on the enamel surface on 6 weeks after birth. Hypoplastic enamel shows a coarse reticular appearance (X 5,000).

Fig. 9. Experimental Group 2, SEM micrograph on the enamel surface on 6 weeks after birth. Hypoplastic enamel shows a fine reticular appearance (X 5,000).

Fig. 10. Experimental Group 3, SEM micrograph on the enamel surface on 6 weeks after birth. Enamel hypoplasia is severer than other groups and the enamel defects shows a linear shape (X 5,000).

Fig. 11. Experimental Group 4, SEM micrograph on the enamel surface on 6 weeks after birth. The enamel surface is smooth and enamel hypoplasia is scarcely found (X 5,000).

Fig. 12. Experimental Group 5, SEM micrograph on the enamel surface on 6 weeks after birth. Hypoplastic enamel or crater like enamel defects are scarecely found, and the enamel surface is smooth. But, some microcracks are found (X 5,000).

Fig. 13. Control Group, SEM micrograph on the fractured surface on 2 weeks after birth. Enamel rods shows parallel arrangement. Dentinoenamel junction dosen't show the diffinitive outline (X 1,000).

Fig. 14. Control Group, SEM micrograph on the fractured surface on 4 weeks after birth. The thickness of enamel rod increases (X 1,000).

Fig. 15. Experimental Group 2, SEM micrograph on the fractured surface on 2 weeks after birth. Dentinoenamel junction is distinct and straight (X 5,000).

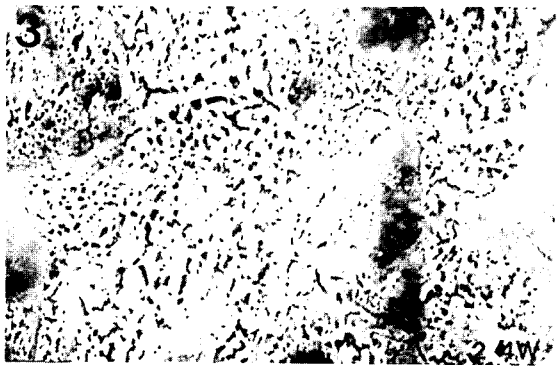
Fig. 16. Experimental Group 1, SEM micrograph on the fractured surface on 4 weeks after birth. Irregular dentinoenamel junction is distinct (X 5,000).

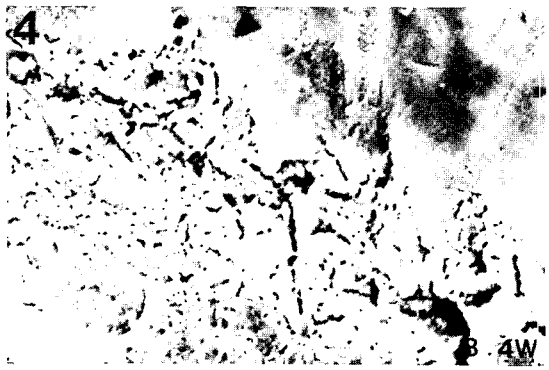
Fig. 17. Experimental Group 5, SEM micrograph on the fractured surface on 4 weeks after birth. Compared with control group, there is no difference (X 1,000).

Fig. 18. Experimental Group 3, SEM micrograph on the fractured surface on 6 weeks after birth. Arrangement of enamel rod is wavy. Dentinoenamel junction is straight and distinct (X 1,000).

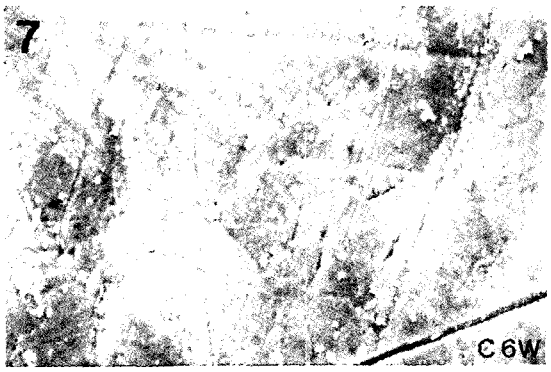
Fig. 19. Experimental Group 4, SEM micrograph on the fractured surface on 6 weeks after birth. Arrangement of enamel rod is wavy. Dentinoenamel junction is straight and distinct. Enamel shows a detached appearance from dentin (X 5,000).

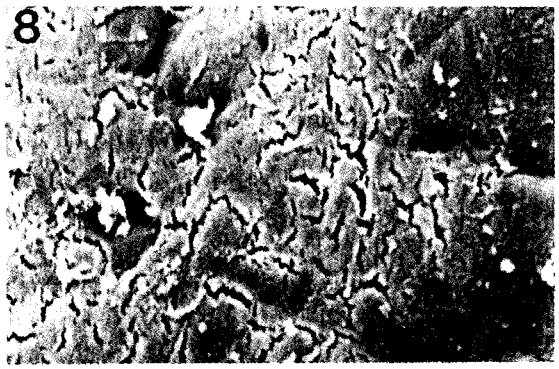
논문사진부도①

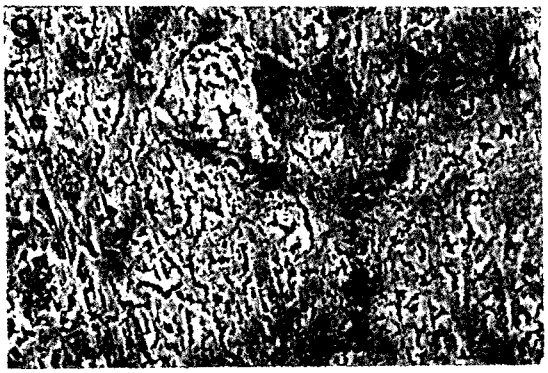


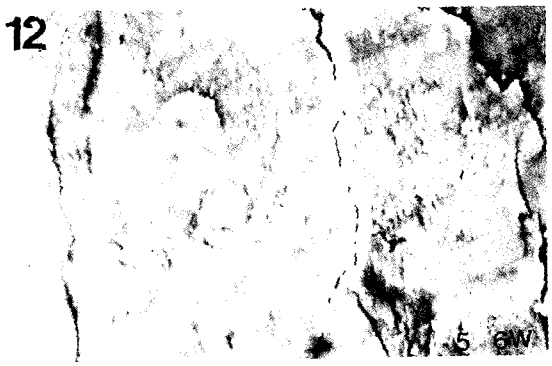


논문사진부도②

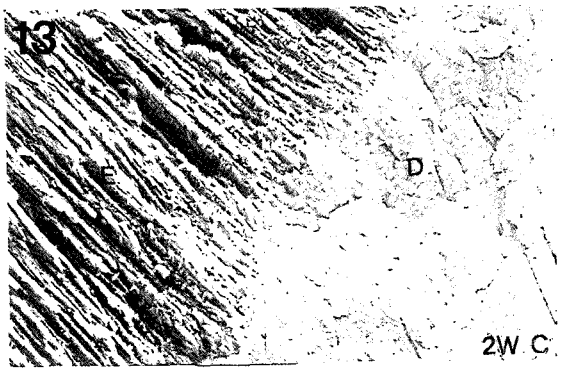


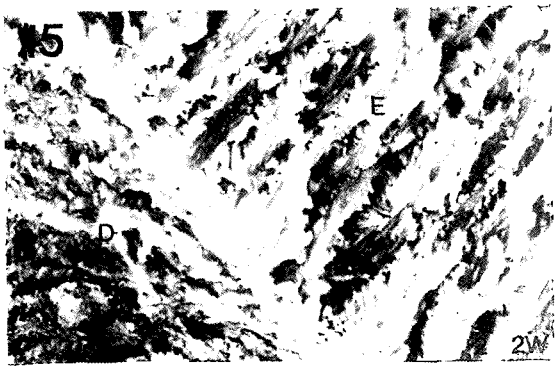


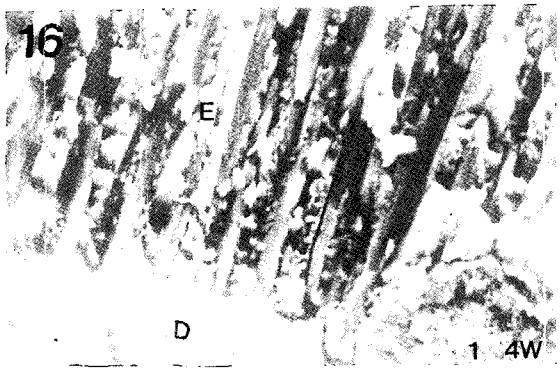


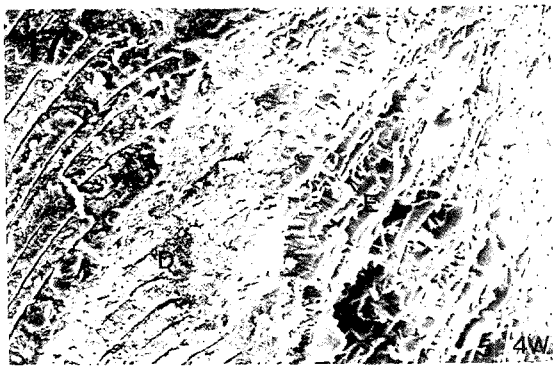


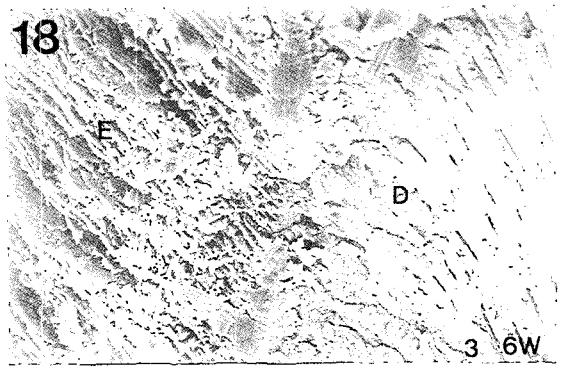
논문사진부도③











논문사진부도④