

백서에서 Depulpin[®]과 Formocresol에 대한 치수와 치근단 조직의 반응

문형인 · 김선호 · 황윤찬 · 오병주 · 황인남 · 김선현* · 정선와** · 윤 창 · 오원만
전남대학교 치과대학 보존학교실, 구강해부학교실*, 치의학연구소, 서남대학교 의과대학 치과학교실**

ABSTRACT

PULPAL AND PERIAPICAL REACTION TO FORMOCRESOL AND DEPULPIN[®] IN THE RAT TEETH

Hyung-In Moon, Sun-Ho Kim, Yun-Chan Hwang, Byung-Ju Oh, In-Nam Hwang,
Sun-Hun Kim*, Sun-Wa Jeong**, Chang Youn, Won-Mann Oh

Dept. of Conservative Dentistry, Dept. of Oral Anatomy, College of Dentistry,
Dental Science Research Institute, Chonnam Natl. Uni., Dept. of Dentistry, College of Medicine, Seonam University***

One fifth dilution of formocresol is usually used for pulpotomy of the primary teeth and emergency pulpotomy of the permanent teeth. However, the use of formaldehyde has been subjected to criticism because it may be absorbed into the blood stream and become distributed systemically, it may also alter the pulp tissue rendering it immunologically active, and have carcinogenic potential. Recently Depulpin[®] (VoCo., Germany) gains popularity as a devitalizing agent during root canal therapy in spite of high concentration of 49 % paraformaldehyde because it facilitate devitalization of pulp and make root canal therapy easier. But there have been not enough publications about the reaction of pulp and periapical tissue caused by Depulpin.

This study was performed to evaluate the histological changes in pulp and periapical tissue of rats after pulpotomy using formocresol and Depulpin and to elucidate the toxic effects of these agents. Thirty six Sprague-Dawley rats were anesthetized by intraperitoneal injection of ketamine. Maxillary first molar teeth were used for pulpotomy with formocresol and Depulpin. Rats were sacrificed after 2 days, 4 days, 1 week, 2 weeks, 3 weeks and 4 weeks respectively. Specimens were histologically observed by light microscope changes in pulp and periapical tissue. The obtained results were as follows.

1. Formocresol group

A zone of fixed tissue, in which odontoblasts could clearly be defined, was present directly underneath the pulpotomy dressing in almost all teeth of this group. This was followed by an area of necrotic tissue which resembled dried out fibrous tissue with no cellular detail except some pyknotic nuclei. In the specimens of after 2 days, 4 days, 1 week, 2 weeks in which vital tissue was present, it was separated from the fibrous area by a zone of inflammation. In the specimens of after 3 weeks and after 4 weeks, inflammatory infiltrate was in the periodontal ligament adjacent to the apical foramina of the teeth.

2. Depulpin[®] group

The area of necrotic tissue which had no cells and fibers, was present adjacent to the dressing. This was followed by dried out fibrous tissue with no cellular details except some pyknotic nuclei. A short stump of vital pulp with odontoblasts was present at the end of the canal after 2 days. Inflammatory infiltrate was in the periodontal ligament after 4 days and after 1 week. Severe root resorption and necrosis of periapical tissue opposite the root resorption site were defined after 2 weeks and after 3 weeks. Periapical lesion which consist of necrotic tissue surrounded by a fibrous connective wall, was found after 4 weeks.

The results indicated that Depulpin can cause more adverse reaction to the dental pulp and periapical tissue than formocresol, and further studies are needed for its clinical use with safety.

Key words : Depulpin, Formocresol

I. 서 론

치수절단술은 외상이나 충전 술식 도중 또는 우식에 의해 노출된 치관부의 치수를 제거하고 치근부 치수의 생활력을 보존하는 술식과, 근관치료 시기까지 동통 완화를 위해 응급치치 술식으로 사용된다. 치수절단술에 쓰이는 최상의 약제를 찾기 위해 많은 연구들이 이루어지고 있다. 약제는 근관 내의 임상적으로나 방사선학적으로 증상이 없이 치수를 보존해야 하며, 약제의 국소적 세포독성, 전신적 분산, 돌연변이 및 발암 가능성 등의 부작용이 없이 이루어져야 한다¹⁾.

Buckley's formocresol은 트리크레솔(tricresol)과 포르말린(formalin)이 같은 비율로 혼합된 것으로서 생활력이 없는 영구치의 치료에 사용되었고 19%의 포르말데하이드를 포함하는 포르모크레솔인 Buckley's formula는 나중에 확립되었으며 이것은 오늘날 치수절단술에 가장 많이 쓰이는 약제 중 하나이다²⁾. 포르모크레솔의 주작용은 포르말데하이드에서 얻어지며 포르말데하이드는 파라포르말데하이드의 분해산물이다³⁾. Wesley 등⁴⁾은 포르모크레솔이 근관 내의 감염되고 피사된 내용물을 중화시키기 위해 사용될 수 있다고 하였으며, Morawa 등⁵⁾은 포르모크레솔이 적절한 고정성이 있고 희석된 농도에서도 효과적이며 임상적 및 방사선학적으로 인정할만한 수준의 성공적 결과를 보여준다고 하였다.

그러나 이러한 임상적 성공에도 불구하고 포르모크레솔의 안전성에 관해 많은 논란이 되고 있는 바, Seltzer와 Bender⁶⁾는 포르말데하이드가 세포독성이 아주 높다고 하였으며, Straffon과 Han⁷⁾은 포르모크레솔을 함유한 폴리비닐 스폰지 매식물이 주변의 세포와 섬유아세포들을 고정시킨다고 하였다. Langer 등⁸⁾은 포르말데하이드가 보다 약한 농도에서는 조직을 고정시키지는 않지만 세포의 변성을 유도한다고 하였다. Myers 등⁹⁾은 치수절단술 후 포르말데하이드가 전신적으로 분포함을 보고하였으며, Pruhs 등¹⁰⁾은 계승 영구치의 법랑질에 대한 부작용을 보고하였고, Swernberg 등¹¹⁾은 동물 실험에서 포르모크레솔의 돌연변이 유발성과 발암 가능성을 보고하였다.

Depulpin[®]은 49%의 파라포르말데하이드, 38%의 리도카인(Lidocaine, HCl), 5%의 Clove oil, 3%의 Prussian balsam, 2%의 Chlorothymol 및 3%의 기타성분을 함유하고 있으며 주된 약리작용은 파라포르말데하이드에서 얻는다. Depulpin[®]은 근관치료 과정에서 치수의 실향을 촉진시켜 근관치료를 용이하게 해주기 때문에 고농도의 49% 파라포르말데하이드가 포함되어 있음에도 불구하고 최근 임상가 사이에서 많이 사용되고있다. 그러나 Depulpin 역시 파라포르말데하이드의 안전성에 대하여 검증이 되어있지 않아 임상적 사용에 대하여 많은 논란이 되고 있다.

따라서 본 연구는 백서에서 Depulpin[®]과 포르모크레솔에

의한 치수절단술시 치수와 치근단 조직에 어떠한 조직학적 변화를 야기하는가를 평가하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

가. 실험동물 및 재료

체중 250~300 g의 Sprague-Dawley계 백서 36마리를 암수 구분 없이 선택하여 총 72개의 상악 좌우 제1대구치를 실험에 사용하였으며 하악 제1대구치는 대조군으로 사용하였다. 본 실험에서는 치수절단술의 약제로서 상악 좌측 제1대구치에는 15% 포르말데하이드를 포함하고 있는 포르모크레솔(인화제약, 한국)을 사용하고, 상악 우측 제1대구치에는 Depulpin[®](VoCo, Germany)을 사용하였다.

나. 실험방법

1) 치수절단술의 시행

백서에 염산케타민(케타라, 유한양행)을 복강내 주입(0.5 mg/kg)하여 마취를 시행하였다. 수술대에 접착테이프로 백서의 사지를 고정시킨 후 상악과 하악의 절치에 치실을 묶어 개구시켰으며, 술자는 백서의 입술과 볼을 견인하고 보조자는 백서의 혀를 견인하여 시야를 확보하였다. #1/4 round bur를 사용하여 주수하에 교합면에 근관 외동을 형성하고 치관부 치수 조직을 제거하였으며 소독된 면구로 압박하여 지혈시켰다. 포르모크레솔을 면구에 묻힌 후 꼭 짜서 근관 입구에 위치시키고 IRM으로 가봉하였다. Depulpin[®]은 근관입구를 덮을 정도의 소량으로 근관입구에 위치시킨 후 면구를 덮고 IRM[®](Dentsply caulk, U.S.A.)으로 가봉하였다.

2) 조직학적 관찰

백서 36마리를 6군으로 나누어 치수절단술 시행 후 2일, 4일, 1주, 2주, 3주 및 4주에 각각 6마리의 백서를 희생시켜 상악과 하악의 구치부를 포함한 치조골을 적출 후 가봉재와 면구를 제거하고 10% 포르말린에 고정하였다. 절편을 Calci-Clear Rapid[™](National diagnostics, U.S.A.)로 8주간 탈회시킨 후 파라핀에 포매하고, 미세절단기로 4 μm 두께로 근원심으로 종절단하여 치아 및 치근단조직의 구조가 동시에 보이도록 하였다. 조직표본을 hematoxylin-eosin 염색 후 광학현미경에서 치수 및 치근단 조직의 변화를 관찰하였다.

III. 실험결과

1) 정상 대조군

치수의 조직학적 소견은 전상아질 하방에 주상형(colum-

nar)의 조상아 세포가 한 층으로 배열되어 있으며 그 아래로 무세포대(cell-free zone)와 세포밀집대(cell-rich zone)가 관찰되었다(Fig. 1).

치관부 치수에 비해 치근부 치수에서 교원섬유들이 풍부하며 특히 근첨 부근의 치수에서 보다 큰 섬유다발이 높은 농도로 존재하였다(Fig. 2).

2) 2일군의 조직학적 소견

포르모크레솔군은 약제와 접촉한 부위에서 호산성의 고정된 층을 보여 주었고 근관의 중간부터는 생활력이 있는 치수조직이 잔존하였다(Fig. 3).

Depulpin®군은 약제와 접촉한 부위에 얇은 피사층과 그 하방의 세포 변성층을 형성하였으며 근관의 마지막 부위에 생활 치수조직이 소량 잔존하였다(Fig. 4).

3) 4일군의 조직학적 소견

포르모크레솔군은 2일군보다 더 소량의 치수조직이 생활력을 보였다(Fig. 5, 6). Depulpin®군은 2일 후와 거의 비슷하나 치근단 부위의 치수까지 변성되었으며, 약제와 접촉한 부위는 피사층이 더 넓어졌다(Fig. 7).

4) 1주군의 조직학적 소견

포르모크레솔군(Fig. 8, 9)과 Depulpin®군(Fig. 10) 모두 4일 군과 유사한 양상을 보였다.

5) 2주군의 조직학적 소견

포르모크레솔군은 치근단 부위에 여전히 생활력이 있는 치수가 발견되었고 치근단 병소의 흔적은 없었다(Fig. 11).

Depulpin®군은 치수조직의 완전 피사와 치근단 부위에 많은 염증세포의 침윤이 관찰되었다. 치근단 부위의 골 흡수도 관찰되었다(Fig. 12).

6) 3주군의 조직학적 소견

포르모크레솔군은 치수전체의 변성과 피사를 보이고 치근단 부위의 염증세포의 침윤과 소량의 골흡수가 관찰되었다(Fig. 13).

Depulpin®군은 치수의 완전피사, 치근의 내흡수와 천공, 치근단 조직의 염증세포 침윤과 골 흡수가 관찰되었다(Fig. 14, 15).

7) 4주군의 조직학적 소견

포르모크레솔군은 치수 전체의 피사와 3주 후 군보다 더 많은 염증세포의 침윤과 이를 둘러싸는 듯한 섬유조직의 배열이 관찰되었다(Fig. 16, 17).

Depulpin®군은 치수의 완전피사, 치근의 흡수, 치근단 부위의 삼출물과 이를 둘러싸는 원형의 섬유조직이 관찰되며

섬유조직 외부로는 병소의 압력에 의한 골흡수가 관찰되었다(Fig. 18).

IV. 총괄 및 고찰

포르모크레솔은 전통적으로 가장 대중적인 유치의 치수절단술 약제로 사용되어 왔다. 포르모크레솔을 사용하여 치수절단술을 시행한 유치와 영구치의 조직학적 연구에서 포르모크레솔 바로 하방에 있는 치수조직은 접촉한 뒤 수분 이내에 섬유성으로 변화하며 호산성을 나타내게 되며, 이러한 반응은 살아 있는 치수조직이 고정되는 것으로 해석된다고 하였다²⁾. 또 포르모크레솔 접촉 후 7~14일 경과 후에는 3가지 확실한 층이 나타나는데 첫째, 넓은 호산성 층으로 고정된 층이며 둘째, 넓은 옅은 염색층으로 세포와 섬유가 상당히 감소되어 있는 층이며 셋째, 넓은 염증세포 집중 층으로 옅은 염색층과의 경계에서 근단 부위의 깊이까지 넓게 퍼져 있다고 하였다²⁾.

포르모크레솔은 영구치의 치수 동통을 조절하기 위해 치수절단술에 사용되기도 하나, 치수절제를 하고 근관 충전할 예정이 있는 경우 이외에는 추천되고 있지 않다. Cotes 등¹⁾은 포르모크레솔을 유치 치수 치료에 사용하는 이유는 치수조직의 치유를 촉진시키는 능력보다 이 약제의 살균력과 조직을 고정시키는 능력 때문이라고 하였다.

최근 소개되어 많은 국내 치과 임상가들에게 인기를 얻고 있는 Depulpin®은 영구치의 근관치료 시작 시 치수 실험제로 사용되고 있다. Depulpin®은 49%의 파라포름알데하이드, 38%의 리도카인(Lidocaine, HCl), 5%의 Clove oil, 3%의 Prussian balsam, 2%의 Chlorothymol 및 3%의 기타 성분을 함유하고 있으며 주된 약리작용은 파라포름알데하이드에서 얻는다.

본 연구에서는 Depulpin®과 포르모크레솔군 모두에서 시간이 경과할수록 점차 치근단 쪽으로 치수의 변성 및 피사가 나타났고 생활력이 있는 치수조직이 점차 줄어들었다는 점에서는 다른 연구들의 결과와 유사하다. 치근단 조직의 반응에 있어서는 Depulpin®군의 경우, 2일군에서만 치주인대가 정상 소견을 보였으며 4일군과 1주군은 치근단공 부위의 치주인대가 다른 부위의 치주인대와는 다른 섬유배열을 보였다. 그리고 Depulpin® 2주군부터는 치근단공 부위의 치수조직에 뚜렷한 염증세포의 침윤이 관찰되었으며, 3주군은 더욱 진행되어 치근 흡수와 치조골 파괴가 나타났고 4주군은 치근을 감싸는 광범위한 병소가 형성되었다. 이와 비교하면 포르모크레솔은 3주군부터 모든 치수의 피사를 보였으며 3주군과 4주군의 치수조직 파괴 양상도 Depulpin® 보다는 훨씬 약한 정도로 관찰되었다. 이와 같이 Depulpin®과 포르모크레솔이 치수 및 치근단 조직에 미치는 영향이 시간과 정도의 차이를 보이는 것은 이 두 약제

에 포함된 포르말데하이드와 파라포르말데하이드의 농도의 차이에서 기인한 것으로 생각된다. 실험에 사용된 포르모크레솔에는 15%의 포르말데하이드가 포함되어 있고 Depulpin®에는 49%의 파라포르말데하이드가 포함되어 있어 치수와 치근단 조직에 작용하였다. Hill 등¹³⁾은 포르모크레솔의 멸균성과 세포독성의 실험에서 0.75%의 포르모크레솔이 적절한 멸균성을 보여주는 최소의 농도이지만 0.75%, 0.075% 및 0.0075%의 포르모크레솔에 치수의 섬유아세포를 노출시켰을 때 완전히 고정되었으며, 많은 세포들이 원래의 정상적 형태를 잃어버리는 세포사를 나타낸 것으로 보고한 바 있다. 이 연구가 관심을 끄는 점은 현재 임상에서 사용되는 포르모크레솔의 농도가 원액 그대로이거나 1:5로 희석된 약 20%라는 것이다. 멸균성이라는 관점에서 볼 때 이 두 가지 농도는 모두 원하는 결과를 얻기 위해 필요한 농도보다 매우 높은 농도이다. 이 실험에 사용된 15%의 포르말데하이드를 포함하는 포르모크레솔 또한 매우 높은 농도임을 감안할 때 49%의 파라포르말데하이드를 포함하는 Depulpin®은 보다 높은 농도이기 때문에 치수 및 치근단 조직에 보다 심한 독성작용을 발휘한 것 같다.

치수절단술에 사용되는 포르모크레솔과 치수실활제로 사용되는 Depulpin®이 임상적으로 많이 사용되어왔지만 이들 약제의 안전성에 관하여 많은 학자들이 의문을 제기하고 있다. Pashley 등¹⁴⁾은 포르말데하이드를 사용한 개의 치수절단술에서 방사선 동위원소로 표지된 포르말데하이드의 전신적 분포에 관하여 연구하였는데 치주인대, 골 조직, 상아질 그리고 소변에서 발견되었으며, 간, 신장, 폐, 골격근 그리고 뇌척수액에서도 치수절단술 후 몇 분 이내에 소량의 포르말데하이드가 발견되었다. 이것은 치근단공을 통해 치근단 조직으로 약제가 유출될 수 있음을 의미한다. Wilkins 등¹⁵⁾은 대장균에서 포르모크레솔에 의한 돌연변이가 유발될 가능성을 보고하였고, Swernberg 등¹⁶⁾은 쥐의 실험에서 포르말데하이드를 장기간 접촉시키는 경우 상피에 전암 병소나 암 병소가 유발될 수 있다고 하였다. 포르모크레솔이 사람의 태반을 통과한다는 보고는 아직까지 없지만 발생중인 병아리의 배아에서 포르모크레솔이 배아 독성과 기형을 유발한다고 보고되어있다¹⁶⁾. 반면 Depulpin®은 배아 독성과 암유발성에 대한 연구가 전무하고, 문헌에도 보고되어 있지 않으며, 안전성 검증마저 되어 있지 않은 약제인데도 불구하고 일반 임상가에 의해 폭넓게 사용되고 있는 현실이기 때문에, 안전성에 대해 많은 연구와 문헌 고찰이 필요하리라 사료된다.

본 연구는 쥐의 상악 구치를 대상으로 하였기 때문에 이 결과를 사람에게 직접 적용하는 데에는 사용된 약제의 농도, 조직 반응 측면에서 다소 다를 수 있다. 그러나 쥐의 절치의 치수의 근침 ½이 치과 재료에 대해 조직학적으로 사람의 치수와 같이 반응한다는 Soni 등¹⁷⁾의 보고를 고려하면

인체에도 유사한 작용이 일어날 가능성을 배제할 수 없다.

인체의 치수조직과 치근단 조직에 포르모크레솔과 Depulpin®이 일으키는 조직학적 변화에 대해 백서에서 실험한 이 연구의 결과를 직접적으로 연관시키는 일은 무리가 있다 할지라도, 이들 약제들에 의해서 야기되는 세포독성에 대한 평가는 할 수 있었다. 따라서 근관치료 과정에서 치수를 실활시킴으로써 시술을 용이하게 한다는 이유만으로 이들 약제를 사용하는 것은 신중하게 고려되어야 하며 안전성 검사를 위해서 더 많은 연구가 행해져야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 백서에 포르모크레솔 및 Depulpin®을 사용한 치수절단술 후 2일, 4일, 1주, 2주, 3주 및 4주에 백서를 희생시켜 표본을 만들고 광학현미경으로 치수 및 치근단 조직의 조직학적 변화를 관찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

Depulpin®과 직접 닿은 치수조직은 세포나 섬유의 흔적이 전혀 없는 괴사조직소견을 보였고 주위 세포의 변성과 섬유조직의 위축이 보이는 층이 관찰되었다. 2일군에서는 치근단공 부위에 소량의 생활 치수조직이 관찰되었으며 4일과 1주군에서는 치주인대의 염증이 치근단공 부위에서 관찰되었다. 2주, 3주 및 4주군에서는 치근의 흡수와 이에 인접한 치근단 조직의 파괴가 관찰되었으며, 특히 4주군에서는 전형적인 치근단 인접 치조골의 괴사 양상이 관찰되었다.

포르모크레솔과 직접 닿은 치수조직은 조상아세포를 확인할 수 있는 고정층이나 약간의 섬유성분만을 확인할 수 있는 괴사층으로 관찰되었다. 고정층과 인접하여 변성된 세포와 위축된 섬유 조직이 보이는 괴사층이 관찰되었다. 2일, 4일, 1주 및 2주군에서는 근관 내에 생활 치수조직이 잔존하였으며 이것은 괴사층과 염증조직에 의해 나뉘어졌다. 3주 및 4주군에서는 치근단공 부위의 치주인대에 많은 염증 세포 침윤과 이를 둘러싸는 형태로 섬유배열의 변화가 관찰되었다.

이와 같은 결과는 포르모크레솔보다 Depulpin®이 치수와 치근단조직에 보다 많은 부작용을 야기할 수 있음을 나타내며, 임상적으로 Depulpin®을 사용하기 위해서는 보다 많은 연구와 실험이 필요함을 시사하였다.

참고문헌

1. Cotes O, Boj JR, Canalda C, Carreras M : Pulpal tissue reaction to formocresol vs ferric sulfate in pulp-tomized rat teeth. J Clin Pediatr Dent 21:247-254, 1997.
2. Waterhouse PJ : Formocresol and alternative primary

- molar pulpotomy medicaments : A review, *Endod Dent Troumatol* 11:157-162, 1995.
3. Eddy Tagger, Michael Tagger : Pulpal and periapical reaction to glutaraldehyde and paraformaldehyde pulpotomy dressing in monkeys. *J Endod* 10:364-371, 1984.
 4. Wesley DJ, Marshall FS, Rosen S : The quantitation of formocresol as a root medicament. *Oral Surg* 29:603-612, 1970.
 5. Morawa AP, Straffon LH, Han SS, Corpron RE : Clinical evaluation of pulpotomies using dilute formocresol. *J Dent Child* 42:360-363, 1975.
 6. Seltzer S, Bender IB : The dental pulp. Biologic consideration in dental procedures. 3rd ed. ST. Louis, J.B. Lippincott Co. 1990, pp215-237.
 7. Straffon LH, Han SS : Effect of varying concentrations of formocresol on RNA synthesis of connective tissue in sponge implants. *Oral Surg* 29:915-925, 1970.
 8. Langer K, Dowden WE, Tronstad L, Langeland LK : Human pulp changes of iatrogenic origin. *Oral Surg* 32:943-949, 1971.
 9. Myers DR, Shoaf HK, Dirksen TR, Pashley DH, Whitford GM, Reynold KE : Distribution of ¹⁴C-formaldehyde after pulpotomy. *J Am Dent Assoc* 94:698-700, 1977.
 10. Pruhs RJ, Olen GA, Sharma PS : Relationship between formocresol pulpotomies on primary teeth and enamel defects on their permanent successors. *J Am Dent Assoc* 94:698-700, 1977.
 11. Swernberg JA, Krens WD, Mitchell RJ, Gralla EJ, Pavcov KL : Introduction of squamous cell carcinoma of the rat nasal cavity by inhalation exposure to formaldehyde vapour. *Cancer Res* 40:3398-3402, 1980.
 12. 대한소아치과학회 : 소아·청소년 치과학, 신흥인터내셔널, 1999, pp 275.
 13. Hill SD, Berry CW, Seale NS, Kaga M : Comparison of antimicrobial and cytotoxic effects of glutaraldehyde and formocresol. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 71:89-95, 1991.
 14. Pashley DR, Myers DR, Pashley DH, Whitford GM : Systemic distribution of ¹⁴C-formaldehyde from formocresol treated pulpotomy sites. *J Dent Res* 59:603-608, 1980.
 15. Wilkins FJ, Macleod HD : Formaldehyde introduced DNA-protein crosslinks in *Escherichia coli*. *Mutat Res* 36:11-16, 1976.
 16. Friedberg BH, Gartner LP : Embriotoxicity of formocresol on developing chick embryos. *J Endod* 16:434-437, 1990.
 17. Soni NN, Henry JL, Silberkweit M, Coombs BP : Polarized light and microradiographic study of dental tissues in dentinogenesis imperfecta. *J Dent Res* 46:434-441, 1967.

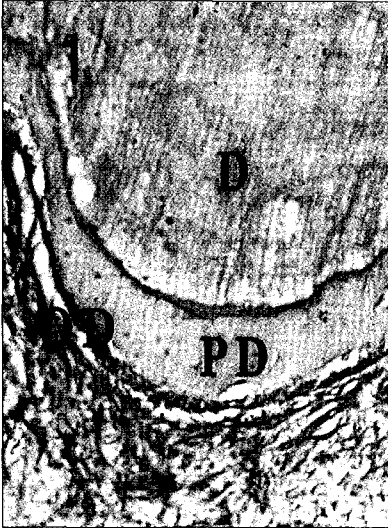
Explanation of Figures

- Fig. 1. Coronal pulp tissue of control group. Odontoblasts are columnar in shape. H & E stain, $\times 400$.
- Fig. 2. Apical pulp tissue and periapical tissue of control group. H & E stain, $\times 40$.
- Fig. 3. Coronal pulp tissue after 2 days of application of formocresol. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 4. Apical pulp tissue and periapical tissue after 2 days of application of Depulpin[®]. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 5. Apical pulp tissue and periapical tissue after 4 days of application of formocresol. No histologic change was observed in periodontal ligament. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 6. Pulp tissue after 4 days of application of formocresol. Dilatation of vessel was observed. H & E stain, $\times 400$.
- Fig. 7. Pulp tissue and periapical tissue after 4 days of application of Depulpin[®]. Periodontal ligament opposite the apical foramen was altered. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 8. Pulp tissue after 1 week of application of formocresol. Vital pulp tissue was observed in the apical area. H & E stain, $\times 40$.
- Fig. 9. Pulp tissue after 1 week of application of formocresol. No histologic change was observed in periodontal ligament. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 10. Pulp tissue and periapical tissue after 1 week of application of Depulpin[®]. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 11. Pulp tissue and periapical tissue after 2 weeks of application of formocresol. H & E stain, $\times 40$.
- Fig. 12. Apical pulp tissue and periapical tissue after 2 weeks of application of Depulpin[®]. Complete necrosis of pulp and resorption of alveolar socket bone was observed. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 13. Apical pulp tissue and periapical tissue after 3 weeks of application of formocresol. Inflammatory infiltrates were observed in periodontal ligament opposite the apical foramen. H & E stain, $\times 200$.
- Fig. 14. Pulp tissue and periapical tissue after 3 weeks of application of Depulpin[®]. Complete pulpal necrosis, root resorption and bone resorption were observed. H & E stain, $\times 40$.
- Fig. 15. Pulp tissue and periapical tissue after 3 weeks of application of Depulpin[®]. Complete pulpal necrosis, root resorption and bone resorption were observed. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 16. Pulp tissue and periapical tissue after 4 weeks of application of formocresol. Coronal pulp was fixed. Severe inflammatory infiltrations in the periapical area were shown. H & E stain, $\times 40$.
- Fig. 17. Pulp tissue and periapical tissue after 4 weeks of application of formocresol. H & E stain, $\times 100$.
- Fig. 18. Pulp tissue and periapical tissue after fourth week application of Depulpin[®]. Complete pulpal necrosis, root resorption and bone resorption were observed. H & E stain, $\times 40$.

Abbreviations

- D : Dentin
PD : Predentin
PDL : Periodontal ligament
P : Pulp
C : Cementum
OD : Odontoblastic layer

사진부도 ①



사진부도 ②

