—대한치과의사협회지 : Vol.18, No.2, Feb., 1980—

生活齒髓切斷術時 electrosurgery에 依한 止血方法이 齒髓 및 齒牙周圍組織에 미치는 影響에 關한 實驗的 硏究

가톨릭 醫科大學 齒科學敎室

<指導 : 林 昌 潤 敎授**
崔 牧 均 敎授***>

金 石 均

——目 次——

Ⅰ. 緖 論
Ⅱ. 實驗材料 및 方法
Ⅲ. 實驗成績
Ⅳ. 總括 및 考按
Ⅴ. 結 論
參考文獻
英文抄錄
寫眞附圖

Ⅰ. 緖 論

electrosurgery란 病的組織을 파괴, 제거하거나 出血을 줄이면서 正常組織을 절개하기 위하여 高周波電流를 이용하는 術式이다[1].

점차 齒科領域에서 이용되고 있는 electrosurgery는 Nikola Tesla가 高周波電流를 組織內에 통과시켜 組織內에서 熱을 발생시킴으로서 비롯되었다[2].

1930年代와 1940年代에 많은 學者들이[3),4),5),6)] "pyorrhea"의 치료에 electrosurgery의 사용을 主張하였으며 Orban[7]은 만성치주염과 치주낭의 치료에 electrocoagulation을 이용하였고, Orban과 Archer[8]는 電流가 組織內로 침투하는 범위를 限定시키는 적절한 電流의 量을 정하는 것은 어려우나 너무 깊이 電流가 침투하면 骨의 壞死 및 腐骨이 생긴다고 보고하였다. 또한 1960年代에 Oringer[9]는 electrosurgery가 scalpel에 의한 施術보다 많은 長點을 가지고 있다고 발표하였고 Krug[10]은 개(犬)의 실험에서 electrosurgery에 의한 齒齦退縮의 程度를 측정, 보고하였다. 1970年代初를 前後하여 Malone[11]과 Eisenmann[12]등이 일반적인 scalpel과 electrosurgical scalpel로서 사람의 齒齦粘膜을 절개하고 그 치유과정을 전자현미경으로 觀察, 보고하였다. 일부 學者들은[13),14)] electrosurgery가 일반적인 scalpel에 依한 surgery보다 치유가 늦어진다고 主張하였고 最近 Stivastava[15]는 初期治癒는 늦어지나 결국은 같아진다고 보고하였다. 이와같이 現在에 와서는 施術部位, 組織內의 절개깊이 및 施術後 經過日程에 따른 治癒程度 등이 많은 論爭이 되고있다.

electrosurgery에 이용되는 高周波電流의 형태는 1) 스파크 갭(spark gap)에 依한 電流, 2) 半波整流된 電流, 3) 全波整流된 電流, 4) 全波整流되고 필터(filter) 회로를 거친 電流로 구분되며 이러한 電流들은 그 特性에 따라 electrodesiccation, electrosection 및 electrocoagulation으로 구별되어 쓰이고 있다.

著者는 家犬을 이용하여 生活齒髓切斷術時 생기는 出血을 ball-type의 電極으로 止血시키고 이에따른 齒髓 및 齒牙周圍組織의 變化를 3% H_2O_2를 이용한 止血法과 비교한 바 있어 報告하는 바 이다.

Ⅱ. 實驗材料 및 方法

體重 12~14kg의 건강한 成犬 4頭를 實驗對象으로 하여 각각 건전한 上, 下顎 小臼齒 8개씩을 선정하였다. 總 32개의 小臼齒를 實驗群과 對照群으로 나누고 이를 實驗完了後 1日群, 4日群, 1週群, 2週群, 3週群, 4週群,

* 본 논문의 일부는 1979년도 가톨릭중앙의료원 학술연구비 보조로 이루어졌음.
** 서울대학교 치과대학 병리학교실 주임교수
*** 가톨릭 의과대학 치과학교실 주임교수

6週群 및 8週群으로 나누었다.

實驗은 개(犬)를 10% Pentobarbital sodium을 靜注하여 全身麻醉시키고 rubber dam으로 防濕한 後 通法에 의해 시술부위를 소독하였다. round bur로 pulp chamber를 open하였으며 이때 생리식염수를 뿌려 熱의 發生을 防止하였다. 齒髓가 노출된 後 조심스럽게 round bur와 spoon excavator로 齒髓를 切斷하고 止血方法으로서는 實驗群에서는 Ellman社, Dento-Surg. 90 F.F.P. 모형의 5-A small ball 電極을 이용한 半波整流된 電流로서 齒髓表面을 응고하였고, 對照群에서는 3% H_2O_2로서 止血하였다. 齒髓上部는 通法에 依하여 Dycal (calcium hydroxide paste, The L.D. CAULK CO.) base를 하고 다시 Zinc-Oxide-Eugenol Cement(MYNOL. INC.)로 충전 하였다. 實驗完了後 현미경표본을 製作하기 위하여 齒牙와 齒槽骨片을 함께 절제하여 10% Formalin용액에 1週間 固定시키고 3%염산으로 電氣脫灰하였으며 5μ~7μ의 Paraffin切片을 製作, Hematoxylin-Eosin으로 染色後 鏡檢하였다.

Ⅲ. 實驗成績

1. 對照群의 所見

1) 第1日群: 齒髓切斷 部位는 血餅과 매우 甚한 炎症細胞 浸潤이 나타나고 血管들은 甚하게 充血 擴張되고 甚한 浮腫을 보이나 根端部로 갈수록 그 정도가 경미하다. 齒髓切斷部位 이하의 造象牙細胞는 甚하게 퇴축되거나 세포변성이 관찰된다.

2) 第4日群: 치수절단 부위는 血餅으로 채워지고 그 直下 部位에서는 纖維細胞와 血管內皮細胞의 증식이 활발하며 국소적인 염증세포 침윤은 매우 심하지만 齒髓切斷部位以下의 造象牙細胞의 배열은 보다 규칙적이다.

3) 第1週群: 치수절단 부위에 생긴 血餅을 중심으로 表在性 壞死가 발생하여 壞死層下部에 심한 염증세포침윤과 血管의 充血 擴張이 보이지만 根端部로 이행됨에 따라 이 現象은 輕微하다. 염증세포 침윤下部에서는 상당한 纖維細胞와 血管內皮細胞의 증식을 볼 수 있다.

4) 第2週群: 치수절단 부위에 생긴 表在性 壞死層下部에 纖維細胞增殖과 多數의 齒髓細胞들이 일렬로 밀집된 細胞帶를 이루고 상아질 벽에서 dentin bridge가 중앙부로 향하여 형성되고 있다. 염증세포 침윤은 대체로 表層에서 보이나 根端部로 이행됨에 따라 輕微하다.

5) 第3週群: 壞死層下에 纖維組織增殖이 있고 線狀의 dentin bridge가 형성되었고 그 底面은 圓形 또는 紡錘狀의 造象牙細胞가 배열되어 있다. 염증세포 침윤은 表層에 국한되고 경미하나 根端部로 이행되면서 소실되고 있다.

6) 第4週群: dentin bridge는 더욱 肥厚하여지고 齒細管의 불규칙한 주행을 보이며 dentin bridge의 造象牙細胞는 원주형으로 dentin bridge에 直角으로 배열되어 있다. 염증성세포 침윤은 上部에 輕微하게 存在하지만 根端部로 이행됨에 따라 점차 소실된다.

2. 實驗群의 所見

1) 第1日群: electrocoagulation부위는 세포성분들이 응고성 괴사를 일으키고 있으며 세포핵들은 형태가 명확하지 않고 細胞質의 경계도 불명확하며 Eosin에 homogeneous하게 농염된다. 또한 表層에 electrocoagulation時 齒髓組織이 타서 생긴 carbon particle들이 많이 散在하여 있고 다핵백혈구, 림프구들의 염증성 침윤이 매우 심하다. electrocoagulation直下部位의 血管들은 매우 심하게 充血 擴張되어 있고 齒髓組織은 浮腫性을 보인다. 近處의 齒髓細胞는 수양성 변성이 심하고 점차 破壞되어 가는 양상이 보이며, 그밖의 近處의 造象牙細胞도 變性되거나 破壞되어서 象牙前質層直下部까지 염증세포 침윤이 관찰된다.

2) 第4日群: electrocoagulation 下部에서 齒髓深部까지 매우 심한 염증세포 침윤이 광범위하게 보이고 血管들은 充血 擴張되고 出血狀이 관찰되며 近處 齒髓細胞들은 細胞質이 심하게 팽창되면서 핵들은 核崩壞와 核溶解 및 核濃縮 등의 破壞狀이 뚜렷하다. 根管部의 齒髓에서도 염증세포 침윤이 散在되어 있고 造象牙細胞들의 배열은 불규칙하다. 齒根端周圍組織에서는 病變이 거의 관찰되지 않는다.

3) 第1週群: electrocoaulation된 부위를 중심으로 커다란 膿瘍을 형성하며 이 內部에는 다수의 泡沫細胞를 포함한 염증세포의 침윤을 보인다. 根管部位의 造象牙細胞들의 數는 현저히 감소되었고 細胞들은 象牙前質層에 압편되어 배열되어 있거나 소실되어 있다.

4) 第2週群: 根部는 膿瘍과 치수조직의 壞死象을 보이며 齒根端周圍組織에서는 림프구와 형질세포 및 다핵백혈구 등의 염증세포의 침윤象이 보인다.

5) 第3週群: 根管部位가 완전히 壞死되어서 膿瘍腔을 이루고 용해된 壞死物로 차 있으며 齒根周圍組織에는 심한 염증세포의 침윤이 있다. 齒根端에는 백아질 증식상을 보인다.

6) 第4週群: 치수는 완전히 壞死되고 齒根端周圍組織에는 多類의 根端部를 중심으로 커다란 膿瘍腔을 형성하며 여기에서는 多數의 組織球들에 의한 包食作用이 관찰된다. 치근단의 백아질증식상은 2週群에 비하여 더욱 진행되었다.

7) 第6週群: 치수는 완전히 壞死되고 齒根端周圍組

織에서 인근 骨組織의 深部까지 염증세포 침윤이 확산되어 있고 육아조직상을 보인다. 치근단의 백아질증식(hypercementosis)도 상당히 진행되어 있다.

8) **第8週群**: 實驗 第6週에서와 同一한 소견으로 치근단부의 육아조직 형성을 보이고 齒根과 周圍骨組織의 흡수상을 보인다.

Ⅳ. 總括 및 考按

electrosurgery는 組織內에 電流가 흐를때 발생하는 熱을 이용하는데 기본 原理를 두고 있다. 여기에는 두개의 電極이 필요하며 交流電流가 흘러 양쪽 電極이 음극과 양극으로 교차되며 變化함에 따라 組織內의 電氣를 가진 molecule등도 電氣的 方向을 바꾸게 된다. 이때 molecular activity가 增加 되며 이러한 現象을 "dielectric hysteresis"라고 한다[16]. electrosurgey 기구는 보통 active전극과 ground전극을 갖고 active전극은 ground전극에 비해 매우 작아 電流가 組織內를 흐를때 active전극쪽의 組織에서는 높은 密度의 電流가 흐르게 되어 局所的인 높은 熱이 생기며 이러한 方法으로 protein이 coagulation되는 온도 이상의 熱을 발생시킨다[17].

일반적인 낮은 周波數의 電流는 人體에 흐를때 높은 電流量이 필요하며 결국 심한 muscle activation을 일으켜 심장에 영향을 미친다. 그러므로 electrosurgery를 위한 電流는 10,000cycle/sec이상의 周波數를 가져야 하며 齒科에서 사용되는 electrosurgery 기구의 周波數는 대개 100만~400만 cycle/sec를 갖는다.

電波의 형태는 電流發生原理에 따라 다르며 크게 스파크 갭(spark gap)을 이용하여 만든 damped wave form과 진공관을 이용한 undamped wave form으로 구별되며, undamped wave form은 整流過程에서 半波整流 및 全波整流된 것으로 나누고 이중 全波整流를 filtering한 것도 있다[18]. 이러한 電波의 형태에 따라 그 利用度가 달라져서 스파크 갭(spark gap)발생기로 만들어진 高周波는 electrodesiccation이나 electrocoagulation에 이용되며 electrosection에는 사용될 수 없으며 심한 lateral heat radiation을 일으키므로 齒科領域에서 사용하기는 적합하지 않다. 반면 진공관에서 발생된 半波整流된 高周波는 electrosection에 이용되고 부수적으로 surface coagalation을 시키며 全波整流된 高周波는 主로 electrosection에 이용된다. 全波整流되고 filtering된 電流는 electrosection에 이용되며 위의 어느것 보다 組織의 깊은 部位까지 細密히 절개되며 lateral heat radiation이 가장 적다[19].

그러나, 臨床的으로 볼때 절개와 응고의 차이는 主로 電極의 모양이나 power level 및 施術者의 技術에 더욱 관련되어 있다. active전극 주위의 單位面積當 電流의 密度가 熱을 발생하는 주요 원인이므로 active전극의 약간의 크기변화는 施術部位의 電流密度에 큰 영향을 주고 따라서 組織內 熱의 발생이 크게 變化한다[19].

위의 사항들을 감안하여 本 實驗에서는 응고를 시킬수 있는 半波整流된 高周波와 ball type의 電極과 순간적인 접촉으로 電極이 組織에 닿게 했으며 power level은 4번에 고정시켰다. 本 實驗에 의하면 electrocoagulation의 결과로 表層에서는 熱에 의한 응고성 괴사가 생기고 以下 齒髓組織에는 강한 電流가 흐름으로 인하여 細胞들의 protoplasmic element가 ionization됨에 따라 近處의 齒髓組織과 造象牙細胞層까지 細胞變性과 파괴가 관찰되었다. 일반적으로 이러한 電流는 局所的인 효과만이 발생되므로 periodontal ligament부위에서는 거의 病變이 나타나지 않았다.

現在까지도 electrosurgery를 齒科 여러영역에 응용하는데는 많은 論爭이 되고 있으며 주로 이용되고 있는 分野는 gingival surgery이다.

Pope[13]는 개(犬)에서 electrosurgery에 의한 創傷治癒 經過를 實驗하였고 그는 electrosurgery에 의한 것이 scalpel surgery에 의한 것보다 治癒가 늦다고 結論 짓고, 組織學的인 관찰에서 electrosurgery후 창상表層에 necrotic tissue layer가 형성되며, 염증반응이 늦어지는 것은 血管의 物理的 폐쇄에 기인하고 出血의 부족은 初期 治癒를 방해한다. 즉 적혈구, 다핵백혈구, 纖維性 物質의 결핍은 clot formation을 지연시키며 또한 骨組織에도 영향을 주어 결국 완전한 治癒가 늦어진다고 보고 하였다.

Glickman과 Imber[20]는 개(犬)에서 치은절개時 electorsurgry와 scalpel surgery의 효과에 대한 비교연구에서 表層의 절개 즉, marginal gingiva와 epithelial attachment의 부위에서는 둘다 비슷한 결과를 보였고 骨에 영향이 없었으며 深部까지 절개했을때, 즉, 齒槽骨直上部까지의 施術에서는 electrosurgery時 더 큰 치은퇴축이 있었고 齒槽骨의 腐骨化를 이루는 壞死 및 齒槽骨의 퇴축을 관찰 하였다.

Schneider와 Zaki[21]는 토끼의 치은에 electrosurgery와 scalpel surgery로 gingivoplasty를 하고 創傷治癒에 관한 전자현미경적 관찰에서 治癒는 기본적으로 비슷하게 일어나며 electrosurgery時 結體組織에서 collagen fiber가 결핍된 象을 보이나 이것이 治癒를 방해하지는 않는다고 보고 하였다.

Coelho[22]등은 25명의 患者에서 齒牙의 인상을 위하

여 electrosurgery로 평균 1.1mm의 치은연을 절제하였을時 약 6개월後 평균 0.78mm의 regeneration이 있었음을 보고 하였다.

Stivastava[15]는 토끼를 이용한 electrosurgery와 scalpel surgery時의 創傷治癒에 관한 비교연구에서 臨床的으로 scalpel surgery時 scar가 적게 생겼으며 組織學的으로 初期에는 electrosurgery가 治癒過程이 늦으나 7日後에는 scalpel surgery보다 더 좋은 경과를 관찰하였다고 보고 하였다. 또한 Feldman[23]등은 electrosurgery에 의한 根管치료에서 응고用 高周波를 이용한 根管內 소독을 하여 좋은 결과를 얻었음을 보고하였다.

本 實驗에서는 實驗群 8週까지 齒髓의 壞死와 齒根端部에 염증반응을 보였고 치유반응은 나타나지 않았다. 손상 받은 組織의 치유는 組織의 파괴 정도에 의존하며 electrosurgery에서도 마찬가지다. 원래 electrosurgery기구는 일반의과에서 습기가 많은 부위에서의 coagulation이나 hemostasis를 目的으로 개발되었고 이러한 수술 부위는 電流가 흐를때 매우 낮은 impedence load를 가진다. 즉 이러한 부위는 200~400 ohms의 전기저항을 가지며 반면 齒科에서의 시술부위 즉, 치은은 800~1,700 ohms의 전기저항을 가지기 때문에 최근 齒科에서 이용되는 electrosurgery기구는 좀더 높은 power level을 갖도록 고쳐졌다[18]. 本 實驗에서 관찰된 electrocoagulation에 대한 齒髓反應은 대단히 不良한 것으로 나타났는데 表在性 凝固性壞死 부위를 중심으로 심한 염증반응이 보이며 특히 foamy macrophage들에 의한 飽食作用은 매우 특징적이다. 對照群에서는 第3週群에서 齒髓切斷面 下方에 dentin bridge를 형성함으로써 완전한 치유반응이 관찰되었지만 實驗群 第3週에서는 齒髓全體가 壞死되고 융해되어서 齒根端周圍組織에서도 심한 염증반응을 일으키며 第8週에서는 齒根端에 심한 백아질증식과 齒根端周圍組織에 광범위하게 foamy macrophage와 림프구 및 형질세포로 구성된 肉芽組織의 形成을 수반한 慢性炎症性病巢로 移行되었다. 이로써 半波整流된 高周波의 ball type전극을 사용하여 실험한 결과 치수반응이 대단히 불량함이 밝혀졌다. 이와같은 결과로 볼때 本 實驗에 쓰인 electrosurgery기구는 습기가 많은 齒髓에 쓰기에는 power level이 너무 높은것 같았으며 좀더 낮은 power level및 순수히 表層만을 coagulation시키는 高周波로 齒髓에 대한 實驗을 하는 것은 흥미있는 일이라 하겠다.

V. 結　論

著者는 半波整流된 高周波에 依한 齒髓의 止血效果에 따른 齒髓組織의 변화를 病理組織學的으로 관찰한 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 齒髓는 表在性으로 응고성 壞死를 수반하고 齒髓組織은 變化되며 심한 염증세포 침윤과 膿瘍腔을 形成하였다.

2. 시일이 경과됨에 따라 齒髓의 壞死는 齒根端에 이르고 齒根端周圍組織에 염증반응을 유발하였고 實驗 8週에는 根端 肉芽腫과 齒根의 흡수 및 백아질 침착이 동시에 일어났다.

3. 造象牙細胞層의 變性은 對照群에 비하여 더욱 현저하여 그 數가 감소되고 배열이 불규칙해지거나 象牙前質에 압편되어지고 齒髓組織의 纖維細胞 증식과 血管內皮細胞의 증식도 對照群에 비하여 저조하였다.

(本 論文이 完成되기까지 指導鞭撻해주신 林昌潤 敎授님과 崔牧均 敎授님께 眞心으로 感謝드리며 서울대학교 치과대학 病理學敎室 여러분께 謝意를 드립니다.)

REFERENCES

1) Werd, G.E.: Electrosurgery. Amer. J. Surg. 17, 86~93, 1932.
2) Kovace, Richard.: Electrotherapy and the elements of light therapy. philadelphia, pennsylvania, Lea and Febiger.
3) Webb, F.: Electrosurgery treatment of pyorrhea. Dent. Survey (August), 15~18, 1935.
4) Kaplan, H. and Mann, J.B.: How pyorrhea cured? A comparative study of several methods for treatment of pyorrhea alveolaris. J. Amer. Dent. Ass. 29, 1471~1483, 1942.
5) Powers, H.H.: Control of periodontal disease by electrocoagulation. J. Periodont. 38, 426~431, 1937.
6) Kaplan, J. B., Crane, A.B. and Kaplan, H.: Pyorrhea alveolaris. histopathology and result of radical surgical treatment. Dent. Cosmos., 432~444, 1934.
7) Orban, B.: Tissue healing following electrocoagulation of gingiva. J. Periodont. 15, 17~21. 1944.
8) Orban, B. and Archer, A.: Dynamics wound healing following elimination of gingival pockets. Amer. J. Orthodont. Oral Surg. 31, 40~54, 1945.
9) Oringer, M.J.:Eelectrosurgery in dentistry. Philadelphia and London W.B. Saunders Co., 1962.
10) Krug, R.G.: Gingival tissue regeneration following electrical reaction. J. Prost. Dent. 16, 955~962, 1966.
11) Malone, W.F., Eisenmann, D. and Kusek, J.: Interceptive periodontics with electrosurgery.

J. Prost. Dent. 22, 555~564, 1969.
12) Eisenmann, D., Malone, W.F. and Kusek, J.: Electron microscopic evaluation of electrosurgery. Oral. Surg. 29, 660~665, 1970.
13) Pope, J. W.: Effect of electrosurgery on wound healing. J. Tennessee D.A. 51, 18~21, 1971.
14) Poswillo, D.E.: Comparative study of the effects of electrosurgery and cryosurgery in management of benign oral lesions. Br. J. Oral Surg. 9, 1~7, 1971.
15) Stivastava, C.M.: A Comparative study of the healing of wounds made by scalpel and electrosurgery in rabbits. Aust. Dent. J. 21, 252~257, 1976.
16) Lounsbery, W. and others: The early histologic changes following electrocoagulation. J. Urol. 86, 321~329, 1961.
17) Aronow, S.: The use of radiofrequency power in making lesions in brain. J. Neurosurg. 17, 431~438, 1960.
18) Frieman, J.: The technical aspects of electrosurgery. Oral Surg. 36, 177~187, 1973.
19) Oringer, M.J.: Evaluation of dental electrosurgical devices, J.A.D.A. 78, 799~802, 1969.
20) Glickman, I. and Imber, T.R.: Comparison of gingival resection with electrosurgery and periodontal knife. A biometric and histologic study. J. Periodont. 41, 142~148, 1970.
21) Schneider, A.R. and Zaki, A.E.: Gingival wound healing following experimental electrosurgery. An electron microscopic investigation. Aust. Dent. J. 21, 252~257, 1976.
22) Coelho, D.H., Cavallaro, J. and Rothschild, E.A.: Gingival recession with electrosurgery for impression making. J. Prost. Dent. 33, 422~426, 1975.
23) Feldman, G., Solman, C., Notaro, P. and Moskowitz, E.: Electrosurgery endodontic application. N.Y. State D.J. 36, 605~608, 1970.

THE EFFECT OF ELECTROCOAGULATION ON THE DENTAL PULP AND PERIODONTAL TISSUES DURING THE VITAL PULPOTOMY

Suk Kyun Kim, D.D.S.

Dept. of Dentistry, Catholic Medical College, Seoul, Korea

(*Directed by* *Associate Prof.* Chang Yun Lim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Assistant Prof. Mok Kyun Choie, D.D.S., M.S.D., Ph.D.)

Abstract

Electrosurgery is one of the widely used methods in dental practice, but there are only a few articles about the dental pulp and their reactions on tissue base.

The purpose of this study is comparison between the conventional bleeding control method by 3% hydrogen peroxide and electrocoagulation during vital pulpotomy.

Thirty two premolars from the four dogs were divided into two groups, 8 cases of control group using 3% hydrogen peroxide and 24 cases of experimental group using electrocoagulation.

Microscopic sections of the teeth performed vital pulpotomy were made by routine histopathological technique.

The results were as follows.

1. Dentin bridges were observed on the second week in control group. (fig. 2)
2. In experimental group, superficial coagulative necrosis of the amputated area, inflammatory infiltration, abscess cavity formation and degeneration of pulp tissue were observed within the first week. (fig. 5)
3. As period passed in the experimental group, the entire pulp tissue had replaced by necrotic tissue with persistent liquefactive necrosis and inflammatory exudate had been drainaged into periapical portion. (fig. 7, 8, 9)
4. At the end of the experiment, the granulation tissue was formed around the

apex producing active resorption and deposition of cementum. (fig. 10)

5. In comparison with the control group, it was marked in experimental group that severe degenerative changes in pulpal tissue and inhibition of regenerative processes such as endothelial and fibroblastic proliferations were conspicuous.

EXPLANATIONS OF FIGURES

Fig. 1. Photomicrograph showing pulp change after conventional pulpotomy in 1 week, Note the blood clot on the cutting area and dilated and congested blood vessels in pulp. Superficial reactive pulp cell layer is seen. (H&E ×40)

Fig. 2. Left: Photomicrograph showing formation of dentin bridge in progress 2 weeks later. (H&E×40), Right: Note high magnification of the thick pulpal cell band. (H&E ×100)

Fig. 3. Photomicrograph showing complete dentin bridge with regularly arranged odontoblastic layer in 3 weeks. (H&E ×40)

Fig. 4. Photomicrograph showing pulp change by electrocoagulation in 4 days. Note the superficial coagulative necrosis with severe inflammatory infiltration in the underlying tissue. (H&E ×40)

Fig. 5. Photomicrograph showing superficial electrocoagulative necrosis accompanying with pulpal tissue degeneration in 4 days. (H&E ×100)

Fig. 6. Left: Photomicrograph of normal pulp tissue of dog. Note the well arranged odontoblastic layer which is perpendicular to the dentin wall. Right: Photomicrograph of damaged pulp tissue by electrocoagulation in 4 days. Note the degenerated odontoblastic layer with diffuse inflammatory infiltration. (H&E ×40)

Fig. 7. Photomicrograph showing complete liquefactive necrosis of pulp tissue by electrocoagulation in 3 weeks. (H&E ×40)

Fig. 8. Photomicrograph showing drainage of exudate into periapical region through many accessory canals in 3 weeks. (H&E ×40)

Fig. 9. Photomicrograph showing focal and diffuse inflammatory infiltration at periapical region in 4 weeks. (H&E ×40)

Fig. 10. Photomicrograph showing severe hypercementosis with periapical granulation tissue in 6 weeks. (H&E ×40)

Fig. 11. Photomicrograph showing ball shaped hypercementosis at root apex with diffuse and heavy inflammatory infiltration in 8 weeks. (H&E ×40)

Fig. 12. Left: Photomicrograph showing high magnification of the area of hypercementosis. Note the frequent resorption and deposition of cementum. Right: Photomicrograph showing high magnification of the granulation tissue of fig. 11 which is mainly composed of foamy macrophages. (H&E ×100)