

*Streptococcus mutans*를 이용한 근관 치료 후 포스트 와동 형성 전후의 치관부 누출에 관한 연구

이효안 · 김의성*

연세대학교 치과대학 치과보존학교실

ABSTRACT

BACTERIOLOGIC *IN VITRO* CORONAL LEAKAGE STUDY OF BEFORE AND AFTER POST SPACE PREPARATION

Hyo-An Lee, Eui-Seong Kim*

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University

The purpose of present study was to compare the speed of coronal leakage before and after post space preparation using *Streptococcus mutans*.

Forty straight extracted human teeth were selected. The crowns were removed to a uniform remaining root length 14 mm. Canals were enlarged by 06 taper Profiles® to a size #40 as a master apical file. And these were filled with gutta percha point and Tubuliseal® sealer, using continuous wave technique. Groupings are as follows.

Group 1 - These teeth were obturated without sealer.

Group 2 - These teeth were obturated and covered the surface of the root completely with sticky wax.

Group 3 - These teeth were obturated.

Group 4 - These teeth were obturated and prepared for post space remaining 5 mm of gutta percha.

The teeth were suspended in plastic tubes. The upper chamber received the bacterial suspension every-day to simulate clinical situation. The lower chamber consisted of BHI added Andrade's indicator.

All roots in the positive control group (Group 1) turned yellow within 24 h and those of negative control group (Group 2) remained red throughout the experimental period (70 days). The samples of group 3 were contaminated within an average of 27.2 days. The samples of group 4 were contaminated within an average of 15.7 days, ranging from 9 to 22 days.

There was significant difference between group 3 and group 4 statistically ($p < 0.05$).

[J Kor Acad Cons Dent 30(1):16-21, 2005]

Key words : Coronal leakage, Post preparation, Bacteria

- received 2004. 7. 16, revised 2004. 11. 12, accepted 2004. 11. 23 -

* Corresponding author: **Eui-Seong Kim**

Department of Conservative Dentistry
College of Dentistry, Yonsei University
134 Shinchon-Dong, Seodaemun Gu, Seoul, 120-752, Korea
Tel : 82-2-361-8700 Fax : 82-2-313-7575
E-mail: andyendo@yumc.yonsei.ac.kr

I. 서 론

근관 치료의 실패는 여러 가지 요인에 의해 일어날 수 있다. 그 중 한 예로 환자가 근관 치료 후 영구 수복물을 즉시 하지 않거나 임시 수복물의 seal이 깨지는 경우, 근관 충전

※ 이 논문은 2003년도 연세대학교 학술 연구비 지원에 의하여 이루어진 것임.

재나 치아구조가 부서지는 경우에 치관부 누출을 통해 충전된 근관에 재감염이 일어날 수 있다¹⁾. 특히 임시 수복물이 떨어져 근관 내 충전된 카타퍼처가 구강 내 세균에 노출되게 되었을 때, 치관부 누출을 통한 치근단 재감염이 얼마나 빠르게 일어나는가에 대한 많은 연구가 이루어졌다²⁻⁷⁾. Swanson과 Madison³⁾은 근관 충전재를 인공 타액에 노출시킨 후 seal의 integrity가 파괴되는 시점을 dye를 이용해 연구하였다. 그 결과, 노출 당일에 미세 누출이 일어나기 시작했으며 전체 근관에서 미세 누출이 일어나는 기간은 평균 3일이었다고 하였다. Chailervanitkul 등⁴⁾의 polymicrobial marker를 이용한 연구에서 28일만에 처음으로 미세 누출이 일어났으며 모든 치아에서 미세 누출이 일어난 시점은 56일이었다. 그러나 Barrieshi⁵⁾와 Alves⁶⁾의 혐기성 세균을 이용한 연구에선 포스트 와동 형성 후 치관부 미세 누출이 40일 이상 지나 처음으로 일어났고 모든 치아에서 미세 누출이 일어난 시점은 평균 약 60일 이상 지난 후였다. 또한 Trope⁷⁾의 toxin을 이용한 연구 결과에서는 미세 누출이 6일째 처음으로 일어났고 21일까지 31.5%의 근관에서 미세 누출이 일어났다. Alves⁶⁾의 연구에선 포스트와동 형성 후 8일만에 처음으로 미세 누출이 일어났고 모든 치아에서 미세 누출이 일어난 평균 기간은 23일이었다고 하였다. 이러한 결과들을 비교해 보면 포스트 와동 형성 후 충전된 근관의 길이가 길 때 오히려 포스트 와동 형성 후 충전된 근관의 길이가 짧을 때 보다 미세 누출이 더 빨리 생긴 경우도 있었는데 이것은 연구자와 그 근관 충전 방법, 포스트 와동 형성 또는 미세 누출을 평가하는 방법에 따라 각각의 차이가 나타날 수밖에 없는 미세 누출 실험의 한계라고 할 수 있다.

Mattison⁹⁾과 Portell¹⁰⁾ 등은 각각 dye와 autoradiographic method를 이용해 7 mm 길이의 근관 충전재를 남겨놓은 경우와 3 mm 길이의 근관 충전재를 남겨놓은 경우의 미세 누출을 비교한 결과 7 mm 길이로 남은 경우에 있어서 더 적은 치근단 미세 누출이 일어남을 보고함으로써 근관 충전재를 5 mm만 남겨 놓아도 포스트 와동 형성 전에서와 같은 밀폐 얻을 수 있다는 Neagley¹¹⁾의 결과에 대해 의문을 제기하였다.

포스트 와동 형성 전후에 있어 치관부 누출 속도 차이를 알기 위해서는 각기 다른 방법으로 행하여진 실험들을 비교하는 것 보다, 같은 조건 내에서 미세 누출이 일어나는 기간의 차이를 알아보는 것이 바람직하다. Abramovitz¹²⁾와 Metzger⁸⁾는 포스트 와동 형성 후 근관충전된 길이에 따른 치관부 미세 누출의 차이를 fluid transport study를 이용해 평가하였고 길이가 길면 더 오랜 기간 동안 근관 충전재의 밀폐를 유지할 수 있다는 결과를 얻어냈다. 여기에서 사용된 fluid transport system은 길이가 다른 근관의 상대적인 미세 누출 평가에 있어 정확한 결과를 보일 수도 있지

만압력이 가해지지 않는 상태에서 구강 내 상태의 재현을 위해서는 근관을 균이 통과하듯이 세균을 이용한 실험 방법이 유용할 것이다.

따라서 본 실험에서는 근관 충전 후 *Streptococcus mutans*를 이용하여 포스트 와동 형성 전후의 치관부 미세 누출을 비교하고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 방법

40개의 발치된, 치근단이 완성된 사람의 단근치 중 만곡이 없는 치아를 사용하였다. 발치 이유나 나이, 성별에 대한 정보는 제공되지 않았으며 치수까지 도달할 만큼 큰 우식증이 있는 경우는 술 전 세균의 근관 내 오염 가능성이 있어 실험에서 제외하였다. 치근 표면에 붙어있는 치석이나 연조직, 뼈 등은 curette으로 제거하고 상온에서 10% formalin에 보관하였다.

High speed bur를 이용해 남은 치근단의 길이가 14 mm가 되도록 치관부를 제거한 뒤 치근단 공에서 1 mm 짧은 길이로 작업 근관장을 설정하여 #10 file에서 단계별로 근관확대를 시행하여 #25 K file까지 근관확대를 실시하였다. 이 과정 중에 단계마다 2.5% NaOCl로 근관 세척을 시행하였다. 06 taper Profile® (Dentsply, Tulsa, USA) #40 file부터 crown down 방법으로 Master apical file크기가 #40이 되게 근관확대를 시행하였다. 이 과정 중에는 RC-Prep® (Stone Pharmaceuticals, Philadelphia, USA)과 2.5% NaOCl을 근관 세척액으로 사용하였다. 이 후 근관 내벽에 남아있을 수 있는 세균 감염을 배제하기 위해 처치된 치근을 가압멸균소독 하였다.

근관 내를 17% EDTA 용액을 사용하여 도말층을 제거하고자 하였으며 5% NaOCl 용액으로 약 10분간 근관 내부를 세정하였다. 이후 medium size 거타퍼차 포인트와 Tubuliseal® (SybronEndo, Glendora, USA)을 이용하여 continuous wave technique으로 근관 충전을 시행하였다.

실험군은 다음과 같으며 각 군당 10개 치아표본을 이용하였다.

1군은 양성 대조군으로 sealer 없이 근관 충전 하였다.

2군은 음성 대조군으로 근관 충전 후 sticky wax로 치근면을 완전히 막았다.

3군은 근관 충전한 후 전체 길이를 14 mm로 유지하였다.

4군은 근관 충전 후 거타퍼차를 5 mm 길이로 남겨두고 System B® (SybronEndo, Orange, USA) 이용하여 포스트와동을 형성하였다.

근관 충전된 치근의 법랑백악경계 부위가 1.5 ml vial과 연결되도록 하였으며 치근의 외부는 치근단공에서 1 mm 남겨두고 sticky wax를 도포하였다. 음성 대조군은 근단공까



Figure 1. Color change of model system at before(left) and after(right) coronal leakage

지 완전히 sticky wax를 도포하였다. Vial의 뚜껑 부분에 denture bur를 이용하여 지름 0.5 mm 정도의 구멍을 뚫고 뚜껑이 있는 플라스틱 통의 뚜껑 부분에 역시 지름 0.5 mm의 구멍을 뚫어 먼저 제작한 치근과 연결된 vial을 cyanoacrylate와 sticky wax로 접착시킨 후 플라스틱통의 뚜껑을 닫아 모델을 제작하였다. 모델은 각 군에 따라 포장하여 EO gas로 소독하였다. 소독되어 나온 모델을 무균의 작업장 안에서 뚜껑에 달린 치근이 약 1.5 mm 잠길 정도로 플라스틱통에 Brain Heart Infusion (BHI) 배지와 Andrade's indicator를 혼합한 배지 10 ml를 넣고 뚜껑을 닫은 후 상부의 vial에 *Streptococcus mutans*가 배양된 BHI를 0.5 ml씩 넣었다. 이후 incubator 안에서 실험군과 대조군을 배양하며 매일 0.2 ml씩 균액을 추가로 넣었다. 사용된 균액은 매일 일정 기간 동안 새로 배양하여 Optical Density (O.D)값을 일정하게 맞추어 항상 같은 양의 균이 들어갈 수 있게 하였다. *Streptococcus mutans*의 leakage를 70일간 관찰하며 색의 변화가 일어나는 시점을 기록했다 (Figure 1).

각 군 간의 치관부 미세 누출의 평균과 표준 편차를 얻어내고 각 실험군 간의 통계적 차이를 결정하기 위해 Student's *t*-test를 시행하였다.

III. 결 과

양성 대조군의 경우 모두 하루 만에 색변화가 일어났으며 음성 대조군은 실험 기간 (70일) 동안 색변화가 일어나지 않았다.

실험군 3군과 4군에서 색변화가 일어난 시점은 Figure 2와 같다. 근관장 전체 길이만큼 충전한 실험군 3군에서는 색변화가 14일에서 39일 사이에 일어났고 평균 27.2일 만

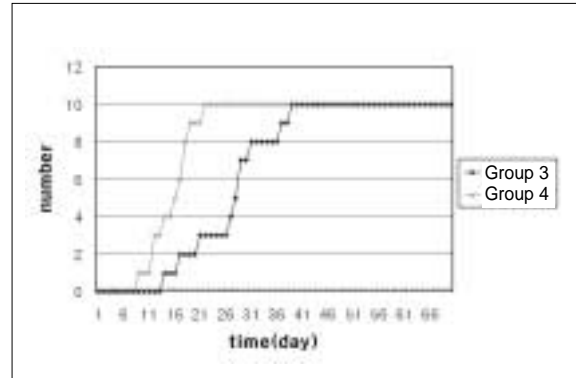


Figure 2. Comparison of time periods at which color change showed in lower chamber of model system

에 일어났으며 포스트 와동 형성한 4군은 9일에서 22일 사이에 일어났고 평균 15.7일만에 색변화가 일어났다.

Student's *t*-test를 이용한 결과 95%의 신뢰도에서 3군과 4군 사이에 통계학적으로 유의차를 나타내었다 ($p = 0.0007$).

IV. 토 론

미세 누출 실험 방법으로 다양한 방법들이 사용되었는데 초기에 사용된 dye를 이용한 방법은 비록 실험이 간단하지만 dye의 분자량이 작아 미세 누출이 빨리 일어나서 구강 내의 상황을 재현하기 어려운 단점이 있다¹³. Fluid transport system을 이용한 방법은 정확하고 특히 실험군에 따라 비교하는 경우에 유리하다. 그러나 너무 정교해서 해부학적 차이가 있는 경우 큰 오차가 발생할 수 있으며 압력을 가해 미세 누출을 측정하는 것은 임상적인 상황과 다르므로 적절치 않다고 할 수 있다^{8,12}. 세균과 내독소를 이용한 방법은 압력을 가하지 않기 때문에 실제로 구강내에서 일어나는 상황을 가장 유사하게 재현하기 쉽다. 이번 실험에 사용된 *Streptococcus mutans* (0.5-1.0 μ m)는 이전 실험²에서 사용되었던 *Proteus vulgaris* (0.4-0.8 μ m), *Peptostreptococcus* (0.5-0.9 μ m) 등과 크기가 비슷하며 편성 혐기성 균이라 배양이 용이하다. 또한 구강내 상주균으로 근관내에서도 존재하므로 치관부 미세 누출 속도 실험에 적절하다고 할 수 있다.

포스트 와동 형성은 남아있는 근관 충전재가 적절한 밀폐를 제공할 수 있는 한도 내에서 행해져야 한다. 그러한 밀폐는 약 3-5 mm가량의 근관 충전재가 남은 경우에 얻어질 수 있다고 여겨져 왔다^{11,14,15}. 그러나 이는 단지 근단부 누출만 고려한 것이므로 이에 대해 재평가가 이루어져야 할 것이

다. 사용된 실험 방법들은 대부분 dye를 이용해 치근단부의 미세 누출의 정도만 평가하였다. 실제 임상에서 세균이나 내독소의 미세 누출로 인해 전체 근관이 재감염되는 것은 치근단부 보다는 치관부에서 먼저 시작되므로 치근단부 미세 누출 연구로 얻어진 결과가 임상적으로 얼마나 연관성이 있는지에 대해서도 고려해 보아야 한다^{16,17)}. 또한 Ray and Trope¹⁸⁾에 의하면 근관 치료한 치아에서 좋은 치관 수복물이 근관 치료 자체보다 치근단 염증에 더 큰 영향을 미친다고 하였으며 Tronstad¹⁹⁾ 등은 좋은 치관 수복물의 중요성과 치관부 미세 누출의 방지가 치근단부 염증 형성에 중요하다고 보고한 바 있다.

약 5 mm 가량의 포스트 와동형성이 남아있는 근관 충전재가 적절한 seal을 제공한다는 생각은 Fuss²⁰⁾ 등과 Rhom²¹⁾ 등이 약 5 mm의 근관 충전재가 남아있는 근관에서 장기간의 미세 누출 평가를 통해 미세 누출이 일어남을 보고함으로써 의문을 제기하였다. 이후 Barrieshi⁷⁾나 Alves⁶⁾ 등도 포스트 와동 형성 후 미세 누출 실험을 시행하였다. 그러나 이 연구들에서는 충전된 근관의 미세 누출 정도를 알기 위해 근관 길이 전체가 충전된 대조군을 설정하여 비교 평가하지 않았다는 단점이 있다. 또한 이러한 연구들에서 나온 미세 누출 발생 시점이 포스트 와동 형성 전보다 더 늦은 경우도 있어 실험 방법에 따른 다양한 값의 차이로 포스트 형성 후의 밀폐 능력 감소를 객관적으로 평가할 수 없었다.

이번 실험에서 미세 누출의 여부를 평가하기 위해 사용된 Andrade's indicator²²⁾는 산과 반응 시 붉은색에서 노란색으로 변하게 되어 있다. 그리고 *Streptococcus mutans*는 성장 과정 중 acid를 형성하기 때문에 미세 누출로 인해 *Streptococcus mutans*가 근침을 통과하게 되면 Andrade's indicator의 색이 변하게 되는 것이다.

이번 연구에서는 포스트 와동 형성 한 근관과 충전 후 포스트 와동 형성을 하지 않은 근관을 같은 조건에서 비교 실험하였다는데 의미가 있으며 실험을 통해 포스트 와동 형성 한 근관에서 미세누출이 더 빨리 일어남을 밝혔다. 미세 누출이 발생한 시점을 살펴보면 포스트와동 형성이 되지 않은 근관에서는 8~22일에 걸쳐 미세 누출이 일어났고 포스트 와동이 형성된 근관에서는 14~39일에 걸쳐 미세 누출이 일어남을 볼 수 있었다. 근관 전체가 충전된 경우의 길이는 14 mm이고 포스트 와동 형성 후 남은 근관의 길이는 5 mm로 산술적으로는 약 3배라는 길이 차이가 있다. 그러나 미세 누출이 이어난 기간은 3배 정도의 차이가 나지 않고 비슷하거나 약 1.5배의 기간 차이가 나는 것으로 보아 일단 상부의 밀폐가 파괴되면 그 아래 부분의 근관에서는 미세 누출이 빠른 속도로 일어난다는 것을 알 수 있다.

일단 남아있는 근관 충전재의 길이가 짧으면 미세 누출이 빨리 일어나고 예후가 좋지 않음을 알 수 있지만 continuous wave technique의 사용 시 측방 가압법을 이용해 근

관을 충전한 이 전의 Metzger⁸⁾의 실험에서 보다 더 편차가 적음을 알 수 있었다.

이번 연구에서는 도말층 제거를 위해 근관 충전 전에 17% EDTA를 사용하였다. 기구 조작 후에는 도말층이 생기는 데 이것은 NaOCl에 의해 제거되지 않기 때문에 충전 후 대부분의 근관에는 도말층이 존재하게 된다²³⁾. 남아있는 도말층이 예후에 어떠한 영향을 줄지는 아직 알려지지 않았지만, 도말층이 세균의 내독소 등에 의해 파괴될 수 있으며 미세 누출의 통로가 될 수 있다고 보고되었다^{13,25)}. 만약 도말층이 제거된다면 상아세관이 노출될 것이며 sealer가 이 안으로 흘러 들어가 미세 누출의 감소가 일어날 것이다²⁶⁾.

포스트 와동 형성 방법이 남아있는 근관 충전물질의 밀폐에 영향을 줄 수 있는데 드릴을 이용한 경우 포스트와동 형성 시 진동으로 인한 근관충전용 호제의 밀폐가 깨질 수 있고 근관 충전재의 뒤틀림이 일어날 수 있으므로 본 실험에서는 포스트 와동 형성을 system B® (SybronEndo, Orange, USA)로 끌어내고 가압만 하여서 이러한 가능성을 배제하였다²⁷⁾.

이번 실험의 결과로 포스트 와동 형성을 하지 않은 실험군보다 포스트 와동 형성을 한 군에서 더 미세 누출에 저항성이 약하다는 것을 알 수 있었으므로 포스트 와동 형성 후에는 즉시 포스트와 코어의 장착을 시행하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Wu MK, Wesselink PR, Boersma J. A 1-year follow-up study on leakage of four root canal sealers at different thickness. *Int Endod J* 28(4):185-189, 1995.
2. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod* 16(12):566-569, 1990.
3. Swanson K, Madison S. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. *J Endod* 13(2):56-59, 1987.
4. Chailertvanitkul P, Saunders WP, MacKenzie D, Weetman DA. An in vitro study of the coronal leakage of two root canal sealers using an obligate anaerobic microbial marker. *Int Endod J* 29(4):249-255, 1996.
5. Barrieshi KM, Walton RE, Johnson WT, Drake DR. Coronal leakage of mixed anaerobic bacteria after obturation and post space preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol and Endodon* 84(3):310-314, 1997.
6. Alves J, Walton RE, Drake DR. Coronal leakage: Endotoxin penetration from mixed bacterial communities through obturated post-prepared root canals. *J Endod* 24(9):587-591, 1998.
7. Trope M, Chow E, Nissan R. In vitro endotoxin penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 11(2):90-94, 1995.
8. Metzger Z, Abramovitz R, Abramovitz I, Tagger M. Correlation between remaining length of root canal fillings after immediate post space preparation and coro-

- nal leakage. *J Endod* 26(12):724-728, 2000.
9. Mattison GD, Delivanis PD, Thacker RW, Hassell KJ. Effect of post preparation on the apical seal. *J Prothet Dent* 51(6):785-789, 1984.
10. Portell FR, Bernier WE, Lorton L. The effect of immediate versus delayed dowel space preparation on the integrity of apical seal. *J Endod* 8(4):154-160, 1982.
11. Neagley RL. The effect of dowel preparation on the apical seal of endodontically treated teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 28(5):739-744, 1969.
12. Abramovitz I, Tagger M, Tamse A, Metzger Z. The effect of immediate vs. delayed post space preparation on the apical seal of a root canal filling. A study in an increased-sensitivity pressure-driven system. *J Endod* 26(8):435-439, 2000.
13. Khayat A, Lee SJ, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod* 19(9):458-461, 1993.
14. Madison S, Zakariasen KL. Linear and volumetric analysis of apical leakage in teeth prepared for posts. *J Endod* 10(9):422-427, 1984.
15. Dickey DJ, Harris GZ, Lemon RR, Luebke RG. Effect of post preparation of apical seal using solvent techniques and peeso reamers. *J Endod* 8(8):351-354, 1982.
16. Seltzer S. Endodontology. 2nd ed. Philadelphia: Lea and Febiger, 359, 1989.
17. Saunders EM, Sunders WP. Long term coronal leakage of JS Quickfill root fillings with sealpex and apexit sealers. *Endod Dent Traumatol* 11(4):181-185, 1995.
18. Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J* 28(1):12-18, 1995.
19. Tronstad L, Asbjornsen K, Doving L, Pedersen I, Eriksen HM. Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 16(5):218-221, 2000.
20. Fuss Z, Rickoff BD, Mazza LS, Wikarczuk M, Leon SA. Comparative sealing quality of gutta percha following the use of McSpadden compactor and engined plugger. *J Endod* 11(3):117-121, 1985.
21. Rhom BH, Solomon EA, Rabinowitz JL. Isotopic evaluation of the sealing properties of lateral condensation, vertical condensation and Hydron. *J Endod* 7(10):458-461, 1981.
22. Williams S, Goldman M. Penetrability of the smeared layer by strain of *Proteus vulgaris*. *J Endod* 11(9):385-388, 1985.
23. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod* 1(7):238-242, 1975.
24. Meryon SD, Jakeman KJ, Browne RM. Investigation of the cytotoxicity of bacterial species implicated in pulpal inflammation. *Int Endod J* 19(1):11-20, 1986.
25. Czonstkowsky M, Wilson EG, Holstein FA. The smear layer in endodontic. *Dent Clin North Am* 34(1):13-25, 1990.
26. Saunders WP, Sunders EM. The effect of smear layer upon the coronal leakage of gutta-percha root fillings and a glass ionomer sealer. *Int Endod J* 25(5):245-249, 1992.
27. Haddix JE, Mattison GD, Shulman CA, Pink FE. Post preparation techniques and their effect on the apical seal. *J Prothet Dent* 64(5):515-510, 1990.

국문초록

*Streptococcus mutans*를 이용한 근관 치료 후 포스트 와동 형성 전후의 치관부 누출에 관한 연구

이효안 · 김의성*

연세대학교 치과대학 치과보존학교실

본 실험에서는 근관 충전 후 *Streptococcus mutans*를 이용하여 포스트 와동 형성 전후의 근관부미세 누출을 비교하였다.

40개의 발치된 치아를 치근단의 길이가 14 mm가 되도록 치관부를 제거한 뒤, 06 taper Profile® 로 MAF 크기가 #40이 되게 근관 확대를 시행하였다. 근관 확대 후 continuous wave technique으로 근관 충전을 시행하였다.

실험군은 다음과 같다.

1군은 양성 대조군으로 sealer 없이 근관 충전 하였다.

2군은 음성 대조군으로 sticky wax로 치근면을 완전히 막았다.

3군은 근관 충전한 후 전체 길이를 14 mm로 유지하였다.

4군은 근관 충전 후 거타퍼차를 5 mm 길이로 남겨두고 포스트 와동을 형성하였다.

치근을 플라스틱 튜브 안에 위치시켜 치근침은 Andrade's indicator가 첨가되어 있는 BHI 배지에 접촉되도록 하고 상부에서는 bacteria가 유입되도록 하였다.

실험군 3에서의 색변화는 평균 27.2일 만에 일어났으며 포스트 와동 형성한 4군은 평균 15.7일만에 색변화가 일어났으며 3군과 4군 사이에 통계학적으로 유의차를 나타내었다 ($p = 0.0007$).

주요어 : 치관부 누출, 포스트 와동, 박테리아