

효과적인 근관세척액과 방법

Optimum irrigation for root canal therapy

인하대학교 의과대학 치과학교실
 김의성, 오남식, 김일규, 오성섭, 최진호

ABSTRACT

Optimum irrigation for root canal therapy

Inha University, School of Medicine, Department of Dentistry
 Euseong Kim DDS,MSD, Nam-sik Oh DDS,MSD, Il-Kyu Kim DDS, MSD,PhD,
 Seong-Seob Oh DDS,MSD,PhD, Jin-Ho Choi DDS,MSD,PhD

One of the important objectives in endodontic therapy is the removal of pulpal and dentinal debris from the root canal system. In order to accomplish this objective, it is essential to use an irrigant or combination of irrigants during biomechanical preparation of the canal system. The purpose of this article is to review the most common irrigants, combination usage, the issue of smear layer and irrigation methods for optimum irrigation.

Early coronal flaring is needed to receive more irrigants in the canal. And also it is critical to use small irrigation needle enough to place the irrigant at apical area. Depends on the clinical situations and operator's judgement, clinicians decide the concentration of NaOCl for the canal irrigation during instrumentation. For the prevention of needle jam, it is also important to use adequate volume of irrigants with up and down motion of irrigation needle and minimum pressure. For the removal of smear layer which is organic and inorganic debris in the canal, it would be the best way to soak the canal with EDTA more than 5 minutes and flush with 10 ml of NaOCl before obturation.

Key words: EDTA, irrigation needle, NaOCl, optimum irrigation

서 론

근관치료의 가장 중요한 목적은 근관계로부터 치수조직과 잔여상아질, 그리고 미생물 등을 제거하는 데 있다. 대부분의 근관들은 해부학적 복잡성 때문에 근관의 기계적 형성만으로는 모든 치수괴사조직을

제거하기에는 불충분하므로¹⁾ 이런 목적을 달성하기 위해서는 근관계의 기계적 형성 도중 근관세척액의 사용이 필수적이다.

역사적으로 많은 근관세척액이 사용되었다. 1940년 이전에는 물이 근관세척액으로 가장 흔히 사용되었으며 이는 물의 즉시 이용가능성, 경제성, 그리고 윤

활작용 능력 때문이었다. 1940년대에는 염산용액과 황산용액이 치근단조직에의 위해작용을 무시한 채 상아질을 연화시킨다는 이유로 근관세척액으로 사용되었으며 Chelating agent들도 상아질을 잘 연화시키며 연조직에 생체적합성이 더 우수한 이유로 1970년도에 들어 그 사용이 증가하였다. 여기엔 Citric Acid, EDTA, REDTA, RC-prep등을 들 수 있다. 단백분해 효소인 streptokinase, streptodornase, papain, enzymal and purified trypsin는 조직용해능력 때문에 사용되었으나 근관계 내의 용해능력의 한계성으로 인해 널리 사용되지는 않았다. 또한 sodium dioxide, sodium hydroxide, urea, sodium hypochlorite를 포함하는 모든 염기성 용액이 사용되었으나 sodium hypochlorite(NaOCl)만이 근관세척액으로 임상적 실용성을 입증 받았다. 1941년 Grossman²⁾은 NaOCl과 함께 산화제의 사용을 소개했으며 그는 hydrogen peroxide와 NaOCl을 번갈아 사용하여 이들의 거품작용을 이용한 잔여물의 제거를 추천했다. 최근 들어 또 다른 산화제인 Glyoxide가 특히 좁고 만곡된 근관에서의 세척액으로 추천되고 있다. 여기엔 carbamide peroxide가 anhydrous glycel base에 포함되어있어 매우 좋은 유허작용의 역할을 한다.

그렇다면 근관세척액의 요구조건에는 무엇이 있는가? 근관세척액은 광범위한 잔사조직 제거능력, 항균력, 연조직 용해능력, 유허작용, 그리고 연조직에의 무독성을 가지고 있어야 한다. 여기까지는 이상적인 세척액의 고전적 요구조건이며 아직도 논란의 여지가 있기는 하지만 도말층의 제거능력이 또한 요구되어진다. 여기에 하나를 더 추가한다면 적은 전도성을 들 수 있을 것이다. 이는 근관에는 전자근관장 측정기의 사용이 증가되고 있으며 세척액의 전도성에 관한 연구³⁾에 의하면 전자근관장 측정기는 전도성이 많이 가지는 근관세척액보다 전도성이 적은 근관세척액에서 보다 정확히 작동하기 때문이며 전도성이 많은 순서로는 NaOCl, EDTA sodium, normal saline, RC prep의 결과를 나타내었다. 어느 근관세척액도 이상과 같은 모든 조건들을 갖고 있지 않으며

따라서 여기에서는 가장 많이 사용되는 몇 가지 근관세척액과 이것들의 혼합사용방법 그리고 보다 효과적인 근관세척방법에 관하여 문헌들에 근거하여 알아보고자 한다.

Hydrogen Peroxide (H₂O₂)

이것은 치수조직을 용해시키지는 못하며 세균발육 저지능력을 가지고 있다. 그래서 근관계에서 잔여조직 제거능력은 단독으로 사용되었을 때 효과가 별로 없으며 치근단조직에 가압시 안전기증을 야기할 수 있다⁴⁾. NaOCl과 3% hydrogen peroxide의 교대사용은 1941년 Grossman²⁾에 의해 추천되었으며 화학작용의 결과인 발생기 산소는 몇몇 완전혐기성 세균을 파괴하는데 효과가 있다고 알려져 있다. 이런 발생기 산소의 생산은 발포작용을 일으키며 근관계의 조직 잔사 제거를 도우는 것으로 믿어진다. 그러나, Svec⁵⁾과 Abou-Rass⁶⁾에 의하면 5.25%와 2.6% sodium hypochlorite를 이용하여 각각 단독사용과 Hydrogen Peroxide와 교대로 사용했을 때 그 둘의 차이는 크게 없었다고 하여 발포작용의 효과에 의문을 나타내었다. 따라서 3% Hydrogen Peroxide를 5.25% NaOCl과 교대로 쓸것인지는 아직도 논란의 여지가 있으며 정확한 임상적 장점이 있는지는 더 많은 추가 연구가 있어야 할 것이다.

Sodium hypochlorite(NaOCl)

이것은 가장 빈번히 사용되는 근관세척액으로 흔한 가정용 표백제여서 경제적이고 즉시 이용 가능하다. 그리고 광범위한 조직잔사 제거능력, 항균력, 치수조직용해능력이 있을 뿐 아니라 장기보관 가능성, 근관벽 형성시의 유허력 제공, 변색된 치아에 표백효과, 그리고 상아세관의 투과성을 높여 근관내 약제의 효과를 용이하게 한다. 그러나 몇 가지 단점이 있으며 이는 근단조직에의 유독성과 chlorine 냄새 그리고 주의를 가지고 사용하지 않았을 경우 옷을 변색시킨다는 것이다. Sodium hypochlorite의 이러한 특성들

은 여러 가지 다른 물리, 화학적 요인에 의해 변성될 수 있으며 이러한 요인들은 NaOCl의 근관세척액으로의 요구조건들을 상승시킬 수도, 감소시킬 수도 있으므로 몇몇 조건에서의 변화에 대해 알아보기로 하겠다.

1) 희석효과

NaOCl은 확실히 그 농도가 높을수록 여러 가지 화학적 능력은 증가하지만 생체조직에의 독성도 증가한다. Harrison⁷⁾은 1:1 희석으로 얻어진 2.5% 농도에서 몇몇 세균을 파괴하는데 걸리는 노출시간을 대략 3배나 증가시켜야 하였으므로 5%농도의 사용을 추천한 반면에 Spangberg⁸⁾는 0.5%로 희석하기를 주장했는데 이는 그의 세포학적 연구결과 NaOCl의 독성에 기준을 둔 것이었다. 그렇다면 근관세척액으로서의 NaOCl의 이상적인 농도는 얼마인가? 이는 학자들간에 이견이 많으며 항균력과 조직용해능력의 장점을 살리고 동시에 독성을 낮추기 위한 많은 연구가 진행되었다. Trapagnier⁹⁾는 2.6%를, Hand¹⁰⁾는 5.25%를 추천했으며 Gordon¹¹⁾은 5.25%와 3% NaOCl간에 생체조직(vital tissue)의 용해능력에 차이가 없으며 5.25%와 1% NaOCl간의 실활 조직(non-vital tissue) 용해능력 또한 별 차이가 없음을 밝혔다. 그리고 Baumgartner¹²⁾는 5.25%, 2.5% 그리고 1%의 NaOCl은 근관세정이 되지 않은 표면의 전상아질 (pre-dentin)과 치수잔여조직을 완전히 제거 할 수 있음을 보이며 1% NaOCl의 사용을 권장하였다.

2) 온도의 영향

대부분의 화학작용은 온도를 올림으로서 그 반응을 활성화시킬 수 있다. Cunningham^{13,14)}은 온도를 올렸을 때의 조직용해능력과 살균력을 비교하였으며 그 결과 37°C에서 2.6% NaOCl은 21°C 혹은 37°C에서의 5.25% NaOCl의 조직용해능력과 동일하였으며 2.6% NaOCl은 실온에서보다는 체온까지 온도를 올렸을 때 살균력이 더 효과적이었다. 따라서 임상적으로 1:1로 희석된 NaOCl을 electric heater나 뜨거운 물로 데운 후 사용한다면 5.25% NaOCl을 사용하는 것과 유사한 살균력과 조직용해능력을 가질 것이다.

그러나 온도 상승시의 조직독성에 대해 연구가 더 이루어져야 할 것으로 생각된다.

3) 저장기간

NaOCl의 저장기간은 그 성질에 영향을 미칠 수 있다. Johnson¹⁵⁾은 세 가지 다른 농도를 갖는 NaOCl의 시간에 따른 조직용해능력에 관한 연구에서 5.25% NaOCl은 적어도 10주 동안 조직용해능력이 유지되었으며 2.62%와 1% NaOCl은 1주동안은 조직용해능력이 안정되게 유지되었으나 2주와 그 이상에서는 확연한 감소가 일어남을 보였다.

4) 초음파의 영향

기계적 진동 혹은 유체흐름이 NaOCl의 조직용해 능력에 중요한 요소로 작용할 수 있다는 가정 하에 초음파 진동과 NaOCl의 혼합사용 효과에 대한 연구가 진행되어왔다. Cameron¹⁶⁾의 연구에서 초음파와 NaOCl의 혼합사용이 상승효과가 있으며 이러한 효과는 임상적으로 2% chlorine하에서 유의성이 있음을 보였다. 그러나 Baumgartner¹²⁾의 연구에서는 전 달기구(바늘 혹은 초음파)에 따른 어떤 차이도 보이지 않았으며 실험에 사용된 농도의 NaOCl은 근관제로부터의 부유잔여물을 세척, 제거하는데 모두 효과적이었다.

5) 유기체의 영향

유기체들은 일반적으로 항균력을 감소시키지만 human albumin과 whole blood는 5.25% NaOCl의 항균력을 감소시키지 않았다⁷⁾. 따라서 근관내 혈액이 존재하여도 NaOCl의 항균력에는 영향을 끼치지 않는다.

EDTA(Ethylene Diamine Tetra-Acetic Acid)

EDTA는 좁은 근관을 넓히기 위하여 1957년 Nygaard-Ostby¹⁷⁾가 처음 소개하였다. 그는 다음의 공식을 이용하여 15% EDTA (pH 7.3) 를 만들었다. Disodium salt of EDTA 19gm

Aqua dest. 100ml
 5N NaOH 9.25ml

이것은 상아질을 5분 안에 20~30 μ m까지 탈회시키며 연조직을 용해시키지는 못하며 치근단 조직에 해를 주지 않는다. 그리고 이것은 smear layer를 제거할 수 있는데, 이는 EDTA의 중요한 기능으로서 상아질과 상아질의 잔사로부터 calcium이온을 chelate시키고, 제거하는 것이다.

이것은 상아질 벽과 접촉 후 5분 후에 작용을 시작하며 15분 후에는 최대 cleaning 효과를 보여주며 초음파와 같이 사용을 해도 그 효과가 상승되지는 않는다.

RC-Prep

Stewart¹⁸⁾가 처음 개발한 것으로서 안정된 carbowax base와 EDTA 그리고 urea peroxide를 혼합한 것이다. Urea peroxide는 혈액이 있어도 항균작용을 유지할 수 있으며, NaOCl이 peroxide와 반응하면 많은 양의 산소를 생산하여 치아를 탈색시키고 냄새를 제거할 뿐 아니라 근관으로부터 잔사를 제거할 수 있다. 또한 RC-Prep은 상아세관을 개방시켜 약제가 상아세관으로 더 잘 들어갈 수 있도록 하여 상아세관 내에 존재 할 수 있는 미생물들을 파괴할 수 있다.

Combination Usage

감염된 근관에는 치수조직의 잔사 및 세균들과 같은 유기질뿐만 아니라 무기질도 같이 있다. 그러나 어떤 하나의 약제로는 유기질과 무기질 모두를 효과적으로 제거할 수 없으며 여러 약제를 병용사용 함으로써 상승효과를 볼 수 있다. Bystrom과 Sundqvist¹⁹⁾는 항균 작용에 있어서 5% NaOCl 보다는 EDTA와 5% NaOCl을 혼용했을 때가 더 효과적임을 보였다. 이와 같이 근관치료전과 기구 조작동안에, 그리고 최종 세척시에 약제를 병용하여 사용함으로써 그 효과를 극대화시킬 수 있다. Hasselgren²⁰⁾은 Ca(OH)₂가 NaOCl의 조직 용해 효과를 촉진시킬 수 있음을 보여 주었으며 Turkun²¹⁾은 최근에 이를 확인

하였다. Goldman²²⁾은 기구조작시 NaOCl이나 EDTA의 사용에 대하여 의문을 제기하였다. 그는 기구가 조작된 부위에서는 NaOCl보다 EDTA의 사용시 더 나은 결과를 보여 주었으나 기구가 조작되지 않은 부위에서는 EDTA보다 NaOCl이 더 나은 결과를 보여 주었다. 바꾸어 말하면 근관내의 무기질 제거에는 EDTA가, 유기질 제거에는 NaOCl이 더 효과적이었다. Berutti 등²³⁾은 EDTA, NaOCl 그리고 표면 장력을 낮추는 장력활성제의 병용사용을 추천하였다. 그리고 Barkhordar 등²⁴⁾은 doxycycline-HCl과 NaOCl의 병용시 더 효과적인 근관세척제가 될 수 있음을 제시하였다. 그러나 Yamada²⁵⁾에 의하면 최종세척제로 유기질 뿐 아니라 무기질이 포함된 smear layer를 제거하기 위해서는 10ml 의 EDTA와 10ml의 NaOCl이 가장 효과적이었다.

Smear Layer

Smear layer는 기계적인 기구 조작시 형성되는 두께 2~5 μ m의 층으로써 filing 된 상아질, 석회화 조직, 세균, 그리고 유기 잔사 등을 포함한다. 근관의 성형 후 이를 제거할 것인지 제거하지 않을 것인지에 대한 의견은 현재까지도 논란의 여지가 있다. Smear layer를 남겨두어야 한다고 주장하는 이들은 smear layer는 상아세관을 막으며 따라서 세균의 침입을 막을 수 있으므로 근관벽으로부터 smear layer를 제거하지 않음으로써 상아세관을 통한 이차적인 세균의 증식과 이미 상아세관 내에 존재하는 세균들에 영양공급을 차단함으로써 이들의 증식을 막을 수 있다고 하며, 또한 smear layer가 제거되면, 나중에 어떤 이유로(예를 들면 미세누출과 같은) 세균들이 상아세관 내로 들어 갈 수 있으며, 그래서 이미 존재하는 상아세관 내 세균들과 함께 이차 감염을 일으킬 수 있다고 주장한다²⁶⁾. 그러나, smear layer가 세균에 대한 완벽한 장애물이 되지 못하고 단순히 미생물들의 침윤을 지연시킬 뿐이며²⁷⁾, 또한 Brannstorm²⁸⁾은 smear layer내에 세균이 있으며, 이들이 증식하여 독소를 생성함을 보여 주었다. 따라서 smear layer를 제거하여

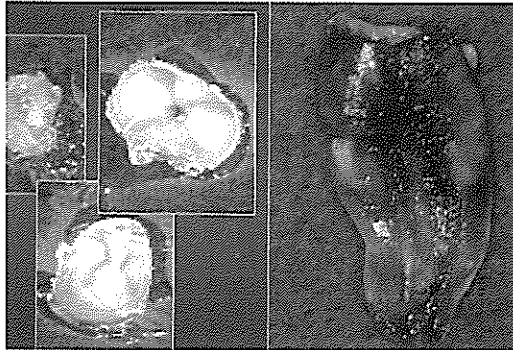


그림 1

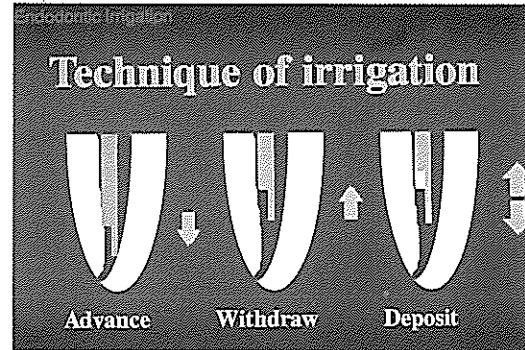


그림2. Technique of endodontic irrigation: irrigation needle을 근관 내에서 저항이 느껴질 때까지 삽입 후 저항이 느껴지면 2-3mm 뺀 상태에서 needle을 상하로 천천히 움직이면서 irrigant를 위치시킨다.

야 한다. Smear layer를 제거하면 상아세관 내로 근관세척제가 들어갈 수 있도록 함으로써 세관 내 세균들을 제거할 수 있다. 상아세관 내 세균은 근관감염을 일으키는 중요한 저수지(reservoir)를 형성할 수 있으며, 이는 근관치료중 혹은 후에 재감염을 일으킬 수도 있다. 이러한 미생물들의 제거를 위한 치료 전략은, 이들이 전신적으로 투여된 항생제가 도달할 수 없는 숙주 방어기전을 넘어선 영역에 위치하므로, 상아세관을 침투하여 이들 미생물을 파괴할 수 있는 근관세척제를 사용하여야 한다²⁹⁾. 다음의 약제들은 smear layer를 제거하기 위하여 현재 사용되거나 임상적 사용의 가능성이 연구되고 있는 것들이다^{24,30,31)}.

- EDTA 또는 RC-Prep
- NaOCl + 초음파
- Citric acid
- Doxycycline HCl

근관의 넓이와 바늘의 크기

이제 까지 가장 통상적으로 사용되는 근관세척제들과 이들의 병용, 그리고 smear layer에 대한 논쟁을 고찰하였다. 이제 근관세척에 대하여 다른 방향으로 접근하여 보겠다. 우선 이들 세척제는 휘발성이 없다. 이는 근관세척제가 세척하려는 물질이 무기질이거나 유기질이거나 상관없이 세척을 위해선 물체에 물리적으로 접촉해야 함을 의미한다. 여러 학자들

^{32,33)}은 근관 내 잔사의 제거시 세척제의 종류보다는 세척제의 flushing이 더 중요함을 보였다. 효과적으로 세척하기 위해서는 주사 바늘의 크기, 근관의 넓이 그리고 사용되는 세척제의 양이 중요한 요소라고 할 수 있다. Chow³⁴⁾는 근관 세척제의 효과는 근관 내로 삽입되는 주사 바늘의 깊이에 의한다고 결론지었으며, 작은 바늘이 큰 것보다 더 효과적이라고 하였다. 따라서 임상자들은 형성된 근관의 크기에 적절한 바늘을 근관 세척용 바늘로 선택하여야 한다. 근단부위에 도달할 수 있는 가장 큰 크기의 바늘은 표1과 같다.

그림1은 필자의 실험으로 근관세척에서 주사바늘의 삽입깊이가 얼마나 중요한지 보여준다. 치아를 치수강 개방과 Gates-Glidden Bur를 이용하여 치관부 확대를 먼저 시행 후 치근단 부위는 #25까지 확대하였다. 근관세척액으로 NaOCl과 메틸렌 블루용액을 혼합하여 27Gauge 바늘로 근관세척을 시행하고 좌측의 그림처럼 치근단에서부터 각각 1, 3, 5mm 떨어진 부위에서 절단하여 근관을 관찰한 결과 치근단 1, 3mm 부위에서 근관세척이 전혀 이루어지지 않았음을 알 수 있으며 같은 방법으로 근관세척 후 치아의 투명표본을 제작한 결과 우측사진에서 처럼 치근의 치관부 1/3정도만 근관세척이 되어 있음을 알 수 있다. 다시 말해서 근관세척시 주사바늘이 위치한 부위까지만 세척이 이루어지고 그곳보다 치근단 부위의 근관에서는

표 1

Size of Canal	근점부위에 도달할 수 있는 largest needle size
80	21 gauze
70	23 gauze
60	23 gauze
55	25 gauze
50	25 gauze
45	27 gauze
35	27 gauze
30	30 gauze
25	30 gauze
20	30 gauze
15	can't be reached for any commonly available needle

거의 세척이 이루어지지 않았음을 보여준다.

근관세척방법

효과적인 근관세척을 위해서는 치관부 확대를 일찍 시행(early coronal flaring)해주는 것이 중요하다. 근관세척을 하는 올바른 방법은 바늘을 천천히 근관 내로 밀어 넣다가 저항감이 느껴지면 수 mm 뒤로 뺀 상태에서 주사바늘을 상하로 움직이며 세척액을 천천히 압력을 주지 않으면서 위치시켜야 한다(그림 2). 만약 바늘을 근관벽에 꼭 끼일 정도로 밀어 넣은 상태에서 주사하게 되면 근관세척액이 치근단 조직으로 빠져나가 자극을 주게 되며 NaOCl의 경우 심각한 부종을 일으킬 수도 있다³⁵⁾. 근관세척은 핸드파

일을 사용하는 경우 파일을 바꿀 때마다 해야 하며 전동파일을 사용할 때는 2-3회 전동파일을 사용한 후 세척을 해주어도 된다. 근관세척시에는 매번 2ml 정도의 양을 사용하며 세척 전에 patency file을 사용하여 근단공개방을 확인함으로써 축적된 잔사들을 느슨하게 할 필요가 있다. 그럼으로써 치근단 잔사들이 세척액에 의해 더욱 효과적으로 흘러 나오기 때문이다.

결론

결론적으로 효과적인 근관세척을 위해서는 조기에 치관부 확대가 필요하며 기구 조작시 2.6% 또는 5.25% NaOCl의 사용은 임상적 상황과 술자의 판단에 의한다. 바늘이 근관 내 느슨한 상태에서 최소한의 압력으로, 바늘을 상하 방향으로 움직이면서, 한번에 2ml 정도의 충분한 양의 세척액을 사용한다. NaOCl을 희석해서 사용한다면 매주마다 NaOCl reservoir를 교체해 주어야 하고 필요하다면, 사용 전에 NaOCl을 체온정도의 온도로 상승시킨 후 사용하면 더욱 효과적이다. 만일 전동파일을 사용한다면 기구조작 중에는 근관 내에 EDTA를 위치시키고 전동파일을 2-3회 정도씩 사용 후 NaOCl로 세척하도록 한다. 근관성형이 완전히 끝난 후에는 근관충전 직전에 최소 5분 이상 EDTA를 근관 내에 위치시켜 smear layer를 제거한 후 개방된 상아세관내의 미생물들의 효과적인 제거를 위해 최종적으로 10ml의 NaOCl로 충분히 세척한다.

참고 문헌

1. Bystrom A, Sundqvist G. Bacteriologic evaluation of the efficacy of mechanical root canal instrumentation in endodontic therapy, Scand J Dent Res 1981;89:321-328
2. Grossman LI, Meiman BW. Solution of pulp tissue by chemical agents J Am Dent Ass 1943;28:223-225
3. Pilot TF, Pitts DL. Determination of impedance changes at varying frequencies in relation to root canal file position and irrigant J Endodon 1997;23:719-724
4. Kaufman AY. Facial emphysema caused by hydrogen peroxide irrigation: report of case J Endodon;7:470-472
5. Svec TA, Harrison JW. The effect of effervescence on debridement of the apical regions of root canals in single-rooted teeth, J Endodon 1981;7:335-340
6. Abou-Rass M, Piccinino MV. The effectiveness of four clinical irrigation methods on the removal of root canal debris, Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1982;54:323-328

참 고 문 헌

7. Harrison JW, Hand RE. The effect of dilution and organic matter on the antibacterial property of 5.25% sodium hypochlorite, *J Endodon* 1981;7:128-132
8. Spangberg L. Cellular reaction to intracanal medicaments, in *Trans Fifth Int Conf Endo*, Grossman LI(ed.) Philadelphia, University of Pennsylvania 1973;108-123
9. Trepagnier CM, Madden RM, Lazzari EP. Quantitative study of sodium hypochlorite as an in vitro endodontic irrigant, *J Endodon* 1977;3:194-196
10. Hand RE, Smith ML, Harrison JW. Analysis of the effect of dilution on the necrotic tissue dissolution property of sodium hypochlorite, *J Endodon* 1978;4:60-64
11. Gordon TM, Damato D, Christner P. Solvent effect of various dilution of sodium hypochlorite on vital and necrotic tissue, *J Endodon*; 1981;7:466-469
12. Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentration of sodium hypochlorite for root canal irrigation *J Endodon* 1992;18:605-611
13. Cunningham WT, Balekjian AY. Effect of temperature on collagen-dissolving ability on sodium hypochlorite endodontic irrigant *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980;49:175-177
14. Cunningham WT, Joseph SW. Effect of temperature on the bactericidal action of sodium hypochlorite endodontic irrigant *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980;50:569-571
15. Johnson BR, Remeikis NA. Effective shelf-life of prepared sodium hypochlorite solution *J Endodon* 1994;19:40-43
16. Cameron JA. The synergistic relationship between ultrasound and sodium hypochlorite : a scanning electron microscope evaluation *J Endodon* 1987;13:541-545
17. Nygaard-Ostby B. Chelation in root canal therapy *Odont*. 1957;65:3-11
18. Stewart G, Kapsimalas P, Rappaport H. EDTA and urea peroxide for root canal preparation *J Am Dent Ass* 1969;78:335-338
19. Bystrom A, Sunqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J* 1985;18: 35-40
20. Hasselgren G, Olsson B, Cvek M. Effect of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue. *J Endodon* 1988;14:125-127
21. Turkun M, Cengiz T. The effects of sodium hypochlorite and calcium hydroxide on tissue dissolution and root canal cleanliness. *Int Endod J* 1997;30:335-342
22. Goldman M et al. The efficacy of several endodontic irrigating solutions: a scanning electron microscopic study:part 2. *J Endodon* 1982;8:487-492
23. Berutti E, Marini R, Angeretti A. Penetration ability of different irrigation into dentinal tubule *J Endodon* 1997;23:725-727
24. Barkhordar et al. Removal of intracanal smear by doxycycline in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1997;84:420
25. Yamada RS et al. A scanning electron microscopic comparison of a high volume final flush with several irrigating solution:part 3. *J Endodon* 1983;9:137-142
26. Perez F, Calas P, Rochd T. Effect of dentin treatment on in vitro root tubule bacterial invasion *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Oral Endod* 1996;82:446-451
27. Williams S, Goldman M. Penetrability of the smeared layer by a strain of *porteus vulgaris* *J Endodon* 1985;11: 385-388
28. Brannstrom M, Nyborg H. Bacterial growth and pulpal changes under inlays cemented with zinc phosphate cement and EpoxyLite CBA 9080, *J prostho Dent* 1974;31:556-564
29. Oguntebi BR. Dentin tubule infection and endodontic therapy implications *Int Endo J* 1994;27:218-222
30. Ciucchi B, Khettabi M, Holz J. The effectiveness of different endodontic irrigation procedures on the removal of the smear layer : a scanning electron microscopic study *Int Endo Trumatol* 1989; 22:21-28
31. Baumgartner JC et al. A scanning electron microscopic evaluation of root canal debridement using saline, sodium hypochlorite, and citric acid *J Endodon* 1984;10:525-531
32. Baker NA et al. Scanning electron microscopic study of the efficacy of various irrigating solutions *J Endodon* 1975;1:127-135
33. Ram Z. Effectiveness of root canal irrigation *Oral Surg* 1977;44:306-312
34. Chow TW. Mechanical effectiveness of root canal irrigation *J Endodon* 1983;9:475-479
35. Salaba CL, Powell SE. Sodium hypochlorite injection into periapical tissues *J Endodon* 1989;15:490-492