

## Polyphosphate가 함유된 근관충전재가 구강세균의 성장에 미치는 영향

박석범 · 최기운 · 최호영

경희대학교 대학원 치의학과 치과보존학교실

### ABSTRACT

#### EFFECT OF POLYPHOSPHATE IN ROOT CANAL SEALERS ON THE GROWTH OF ORAL BACTERIA

Seok-Bum Park, Gi-Woon Choi, Ho-Young Choi

Department of Conservative Dentistry, Division of Dentistry, Graduate School, Kyung Hee University

Eliminating the infecting bacteria of the root canal system and preventing reinfection must be the main objectives of all endodontic works. None of commercially available root canal sealers have the properties of desirable tissue compatibility and strong antibacterial activity. The purpose of this study is to develop an ideal root canal sealer using commercially available polyphosphate (polyP), Calgon, which is known to be antibacterial and safe. For the study, resin type AH26, zinc oxide eugenol type Tubli Seal, Ca(OH)<sub>2</sub> type Apexit as base sealers for polyP (0~3%) and para formaldehyde containing N2 as a control base were selected. Specimens (3×4mm) of the sealers were prepared in a 37°C incubator for 3 and 10 days and their antibacterial activity against streptococci and black pigmented anaerobic rods was observed using an agar diffusion method. The result were as follows:

1. Among 3 day old root canal sealers, N2 as a positive control showed the strongest antibacterial effect, followed by AH26, Tubli Seal and, Apexit which barely showed antibacterial activity against the test bacteria. In contrast, 10 day old AH26 showed a greater antibacterial activity than 10 day old N2.
2. All sealer specimens showed a greater antibacterial activity against black pigmented anaerobic rods than streptococci. Three day old ones appeared to be more antibacterial than 10 day old ones except for Apexit.
3. As compared to N2, 3 day old AH26 demonstrated a similar antibacterial activity against black pigmented anaerobic rods but to a lesser extent to streptococci. Ten day old AH26 showed a greater antibacterial activity against black pigmented anaerobic rods than 10 day old N2.
4. As compared to AH26, Tubli Seal generally revealed a lower antibacterial activity but it showed a greater antibacterial activity against *S. gordonii* Challis.
5. Enhancement of antibacterial activity by polyP was more clearly observed when it was added to Ca(OH)<sub>2</sub> based root canal sealers, Tubli Seal and N2.
6. The addition of polyP enhanced the antibacterial activity of 3 day old AH26 against *S. gordonii* G9B (16%) and Challis (29%), and *P. gingivalis* 2561 (24%) only. Moreover, polyP failed to increase antibacterial activity of 10 day old AH26 against the test strains but *P. gingivalis* A7A1 28 (13%).
7. The addition of polyP increased the antibacterial effect of 3 day old Tubli Seal on several test bacteria including *S. mutans* GS 5 (50%), *S. gordonii* G9B (47%) and Challis (122%), and all the test strains of *P. gingivalis* (13~35%) except for 9 14K 1. The addition of polyP to 10 day old Tubli Seal increased antibacterial activity of the root canal sealer against most test strains.
8. 3 day old Apexit failed to show antibacterial activity, if any very little against *S. mutans* GS 5 and *Pr. intermedia* ATCC 49046. However, polyP increased its antibacterial activity by 50 and 69%, respectively. Increase of antibacterial activity of 10 day old Apexit by polyP was more clearly observed than that of 3 day old one.

## I. 서 론

치아와 구강점막은 항상 구강세균에 노출되어 있다. 치수는 치아 경조직에 둘러싸여 대개의 경우 무균상태로 존재하나 충치 또는 치주질환이 진행되었을 때 치수가 감염되어 치수염이 유발될 수 있다<sup>1,2</sup>. 물리적, 화학적 자극에 의한 치수염은 원인요인이 사라지면 치수염이 호전되거나 정상으로 돌아갈 수도 있지만 세균감염에 의한 치수염은 원인요인이 사라지더라도 치수내 세균이 인체의 저항력으로 제거되지 않고 계속 잔존하는 한 치수괴사가 유도되고 결국에는 치근단 병소로 발전하게 된다<sup>3,4</sup>. 근관의 감염은 감염시간 또는 감염진행 경과에 따라 세균의 분포가 다르게 나타나는 동적인 상태이지만 그 세균분포의 변화는 일정한 양상을 보인다. 초기 치수 감염시에는 통성세균인 streptococci인 mutans streptococci, Streptococcus mitis, 그리고 enterococci, staphylococci들이 나타난다. 치수괴사가 발생되면 근관은 보다 혐기적인 상태로 변해가고 특히 치근단 부위에는 혐기성 세균이 크게 증가한다. 이들 혐기성 세균은 근관감염 원인으로도 중요하지만, 치수감염의 진행, 치근단 병소의 유발 및 증상에 있어서 매우 중요한 것으로 알려져 있다<sup>5,6,7</sup>.

괴사치주조직내에는 혐기성 세균이 전체배양 분리 균 중 70~95%를 차지하고 있다<sup>8,9</sup>. 진행된 감염근관에서 발견되는 세균의 종류는 극히 제한되어 있으며 이들 혐기성 세균의 대부분은 흑색의 집락을 형성하는 소위 "black pigmented anaerobic rod" 이다. 이 중에서도 Porphyromonas와 Prevotella속(genus)에 속하는 세균이 주종을 이루고 있으며<sup>10,11</sup>, 최근의 연구에서 특히 Porphyromonas(과 거 Bacteroides) gingivalis(이하 P. gingivalis)와 Porphyromonas endodontalis(이하 P. endodontalis)가 근관감염과 치근단병소와 관련하여 나타나는 주요 세균종이라고 제시하고 있다<sup>10,12,13</sup>. 근관감염의 결과로 유발된 농양에서도 이 두 세균이 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다<sup>8,11,13,14</sup>. P. gingivalis와 P. endodontalis의 근관내 출현은 임상적 증상과 관련해서도 중요한 의미를 갖는데, Sundqvist<sup>7</sup>는 흑색집락형성 혐기균은 동통을 동반하는 근관감염과 관련성이 있음을 최초로 보고하였다. 이후 P. gingivalis와 P. endodontalis는 근관감염과 치근단 치주염의 동통과 깊은 연관성이 있음을 입증하였고<sup>5,17</sup>, 또한 이 두 세균은 급성감염과도 관련해서 나타나는 것으로 알려지고 있다<sup>14</sup>. P. gingivalis와 P. endodontalis가 어떻게 급성, 동통성 근관 및 치근단 감염과 관련해서 나타나는지에 대한 학설은 정립되어 있지 않으나 Hahn 등<sup>18</sup>과 Hashioka 등<sup>19</sup>은 동통성 근관감염의 확산은 이들 세균이 생산하는 분해효

소와 관련이 있을 것이라고 보고하고 있다.

P. gingivalis는 근관감염 이외에도 골파괴를 동반하는 진행성 치주질환, 특히 성인형 치주염에서 중요한 역할을 하는 반면<sup>13,20,24</sup>, P. endodontalis는 거의 근관과 관련된 감염시에만 나타나는 세균으로 보고된 바 있다<sup>21,22,24</sup>. P. endodontalis의 이 독특한 출현양상은 근관이 형태적으로 특별한 구조를 갖고 있어 P. endodontalis와 같이 조직에 대한 부착능력이 없는 세균도 집락화할 수 있기 때문이고<sup>25</sup>, P. endodontalis 자신은 단백질분해효소, 내독소(lipopoly saccharide), 외독소 등 많은 독성인자(virulence factors)를 생산하여 조직파괴와 더불어 증식이 가능하기<sup>3,4,26</sup> 때문인 것으로 보인다.

치주질환과 치근단 질환은 근본적으로 세균감염으로 나타나는 질환이기 때문에 근관치료의 목적은 근관내 세균을 제거하는 것이다. 근관내 세균을 제거하기 위해서는 file을 사용하여 감염된 치수조직을 제거하고, NaOCl 등과 같은 항균제대로 근관을 세척하며, formocresol과 같은 항균 약물을 사용하거나 필요한 경우 전신적으로 항생제를 투여하기도 한다. 이같은 전통적인 세균제거방법을 거쳐 근관을 충전물로 충전하여도 현재까지 세균의 재침입을 억제할 수 있는 완벽한 근관충전물은 아직 개발되어 있지 않고, 일시적으로 완벽한 충전을 시행하여도 근관충전물이 용해되어 장기적으로는 세균의 재침입을 예방하기는 어려울 것으로 보인다<sup>1,2,7,26,28</sup>. 또한 주근관을 완벽하게 충전하여도 부근관이나 측치근관 등이 존재하면 재감염을 피하기 어렵다<sup>1</sup>. 이와 같이 불완전한 세균제거나 근관과 충전물 사이의 미세한 틈새를 통해 근관의 재감염이 유발될 경우, 치근단 병소를 유발 또는 지속시키고, 결국 근관치료의 실패원인이 된다<sup>5,29</sup>. 그러므로 이상적인 근관충전재는 근관벽과 접촉을 하고, 독성이 없고, 용해에 의한 흡수성이 적으며, 변형되지 않아야 하며, 조각이 용이하며, 방사선 불투과성이어야 하는 일반적인 조건<sup>30</sup> 외에도 항균작용이 있어야 한다<sup>31</sup>. 전통적으로 주로 사용되는 zinc oxide eugenol (이하 ZOE)계의 근관충전용 시멘트는 잔존 또는 침입하는 다양한 세균에 대해서 항균효과가 있는 것으로 밝혀지고 있는데<sup>32,34</sup>, eugenol이 항균작용의 주 역할을 하는 것으로 알려져 있다<sup>37,38</sup>. Ca(OH)<sub>2</sub>계열의 시멘트도 비교적 최근에 ZOE 시멘트 보다 조직적응성이나 치근단 폐쇄유도 등의 장점으로 개발되고 있으나 ZOE 시멘트 보다 상대적으로 항균효과가 떨어지고 충전한 후 오랜 시간이 지난 다음에야 효과가 나타나는 것으로 보고되고 있다<sup>27,32,34</sup>. 최근에는 mineral trioxide aggregate 또는 glass ionomer 시멘트 (이하 GIC) 충전재료도 개발되고 있으나<sup>28,32,39</sup> 특기할 만한 항균효과는 없는 것으로 알려져 있다.

최근 개발되는 대부분의 근관충전재는 살균효과를 높이기 위해 항균제재를 첨가한다. GIC의 경우는 불소가 함유되어

있고<sup>32)</sup>, ZOE 시멘트에는 고유성분인 eugenol 이외에 chlorhexidine을 첨가시킬 수 있으나<sup>35,36)</sup> 일시적으로 항균 효과를 높이긴 하나 상대적으로 조직에 대한 자극을 심화시킬 수 있다는 가능성도 고려해야할 것으로 생각된다<sup>26,27,33,40)</sup>. 항균작용이 강조된 N2 충전재의 경우, formaldehyde가 용출되어 항균효과는 다른 근관 충전재보다 크나 조직자극 뿐만 아니라 알러지, 발암 잠재성도 갖고 있는 것으로 보고되고 있다<sup>26,32,36)</sup>. 임상에서 주로 이용되고 있는 레진 계열의 AH26은 강화제인 hexamethylenetetramine으로부터 formaldehyde가 유리되어 항균효과가 ZOE, Ca(OH)<sub>2</sub> 계열보다는 높은 것으로 나타나고 있으나<sup>32,33)</sup> 시간이 경과함에 따라 일시적이지만 염증반응이 상대적으로 크게 나타나는 것으로 보고되고 있다<sup>40)</sup>. 따라서 근관치료의 성공률을 높이기 위해서는 근관충전재의 항균작용을 높여줄 수 있고 조직에 대한 자극이 적은 항균제재의 개발이 절실히 필요하다.

Polyphosphate(polyP)는 수십 또는 수백의 orthophosphate(Pi)가 고에너지의 phosphoanhydride 결합으로 연결된 선상의 중합체이다<sup>41)</sup>. 여러 세균 내에 발견되는 polyP는 에너지 저장장소로서, 에너지 대사과정에서 인산의 공급, 그리고 이들 세균이 환경적 stress를 견뎌내는 것과 같은 기본 생존 활동에 중요한 역할을 한다<sup>42)</sup>.

PolyP는 다양한 목적을 위해 식품 특히 육류에 첨가하는 미 농부성이 인정한 인체에 무해한 식품첨가물로서<sup>43)</sup> 수분 및 산성도 유지, 악취 및 변색의 방지, 연화를 목적으로 사용되고 있다<sup>42)</sup>. PolyP는 *Staphylococcus aureus*<sup>44)</sup>와 *Listeria monocytogenes*<sup>45)</sup>와 같은 식중독균에 항균효과가 있는 것으로 알려지고 있다. 또한 polyP는 *mutans streptococci*에 의한 치태형성을 억제하고<sup>46)</sup> 충치를 억제하는 것으로도 보고되었다<sup>47)</sup>. 최근 최 등<sup>48)</sup>, 공 등<sup>49)</sup> 및 최 등<sup>50)</sup>은 *P. endodontalis*, *Pr. intermedia* 및 *P. gingivalis*에 대해 polyP가 큰 항균효과를 나타내는 것으로 보고함으로써 치과에서 polyP를 임상적으로 응용할 수 있다는 가능성이 제시되고 있다.

이에 본 연구는 치수감염시 또는 근관치료 후 재감염시 나타날 수 있는 중요 세균들인 *mutans streptococci*, *Streptococci gordonii* (*S. gordonii*) 및 여러

흑색집락형성균주들에 대한 polyP를 첨가시킨 근관충전용 시멘트의 항균효과를 관찰하여 유의한 결과를 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

#### 1) 실험균주

실험균주로는 streptococci로서 *S. gordonii* G9B와 Challis, *S. mutans* GS5, *S. sobrinus* 6715, 그리고 흑색집락형성균으로서 *P. endodontalis* ATCC 35406, *Pr. intermedia* ATCC 49046, *P. gingivalis* 381, 2561, A7A1 28, W50, 9 14K 1을 선택하였다. 흑색집락형성균주의 경우는 yeast extract(5mg/ml), hemin(5 $\mu$ g/ml)과 vitamin K1 (0.2 $\mu$ g/ml)가 첨가된 half strength (18.5mg/ml) brain heart infusion(BHI) 액체 배지에 혐기적으로 배양하여 사용하였다<sup>50)</sup>. Streptococci는 일반 BHI 액체배지에 혐기적으로 배양하였다.

#### 2) 실험재료

실험에 사용한 근관충전재는 Table 1과 같다.

### 2. 실험방법

#### 1) 근관충전물 절편 제작

Plastic tubing(내경 3.18mm; Nalgene)을 4mm의 길이로 자른 후 autoclave를 시행하고, 건조후 petri dish 안에서 3M magic tape 상에 부착하여 식립시켰다. 제조회사의 지시에 따라 각각 4종의 근관충전재를 혼합하여 tubing 내에 적하한 후에 petri dish 뚜껑을 덮고 3일 또는 10일간 37 $^{\circ}$ C에서 경화시켰다. PolyP를 첨가할 경우는 polyP (Calgon)를 mortar과 pestle로 15분간 분쇄한 다음 근관충전재 용적대비 0~3%를 첨가하였다. 경화 후 소독된 면도칼로 tubing을 제거한 다음 근관충전물 절편을 꺼내어 즉시 실험에 사용하였다.

Table 1. Materials used in this study

Sealers	Source	Major ingredients
AH26	Dentsply, Germany	Bismuth oxide, hexamethylenetetramine
Tubli-Seal	Kerr, USA	Zinc oxide, eugenol
Apexit	Vivadent, Liechtenstein	Calcium hydroxide, trimethyl hexanedioldisalicylate
N2	Agsa, Japan	Zinc oxide, para formaldehyde
Calgon	Sigma, USA	polyphosphate

2) 한천배지 확산 실험

실험균주들을 흡광도가 690nm에서 0.7이 될 때까지 배양한 후 streptococci인 경우, 균액 100 $\mu$ l를 면양 적혈구가 5% 포함된 일반 BHI 한천배지상에 적하하였고, 흑색집락 형성균주인 경우는 면양적혈구가 5% 첨가된 half strength BHI 한천배지에 적하한 후, 유리구슬을 이용하여 배지표면에 균액을 균등하게 도말하였다. 도말한 배지는 멸균된 금속 puncture(3mm 내경)를 이용하여 음압으로 배지에 구멍을 형성한 후 근관충전물절편을 삽입하였다. 근관충전물을 삽입한 배지는 혐기적으로 3일간 배양한 다음 배지에 형성된 실험균주의 성장억제대(inhibition zone)의 직경을 측정하여 항균효과를 비교, 관찰하였다.

III. 실험성적

1. 구강 streptococci에 대한 polyP의 항균효과

1) 3일 경화 근관충전물에서 polyP의 항균효과  
3일간 37 $^{\circ}$ C 배양기에서 경화시킨 polyP가 첨가된 또는

첨가되지 않은 근관충전물의 streptococci에 대한 항균효과를 관찰하였다(Table 2). 전체 실험균주를 대상으로 했을 때가 장 큰 항균효과를 나타낸 것은 N2였다. 그 다음으로 AH26, Tubli Seal 이었고, Apexit는 *S. mutans* GS 5를 제외하고는 *S. sobrinus*, *S. gordonii*에 대해 전혀 항균효과를 나타내지 않았다.

AH26은 *S. mutans* GS 5에 가장 큰 항균효과를 보여 11.0mm의 성장억제대를 형성했고, *S. gordonii* Challis에 대해서는 가장 적은 항균효과를 보였다(7.0mm). PolyP가 첨가되었을 때 AH26은 *S. mutans* GS 5에 대해 항균효과가 점차 감소되어 3%에서는 억제대 크기가 8.5mm로 22.7% 감소하였다. *S. sobrinus* 6715 경우도 polyP가 3% 첨가되었을 때 항균효과가 20% 감소하였다. 반면 *S. gordonii* G9B에 대해서는 polyP가 1% 첨가되었을 때 AH26이 가장 큰 항균효과를 보여 15.8% 증가하였고, *S. gordonii* Challis에 대해서는 polyP를 2% 첨가했을 경우 항균효과가 28.6% 증가하였다.

Tubli Seal은 *S. gordonii* Challis에 대해 가장 큰 억제효과를 보였다(9mm 억제대). PolyP가 첨가되었을 때

**Table 2.** Zones of inhibition by diameter in millimeters from antibacterial activity of 3-day-old root canal sealers with or without polyP against oral streptococci.

Sealers <sup>a</sup>	PolyP (%)	<i>S. mutans</i>		<i>S. gordonii</i>	
		GS-5	<i>S. sobrinus</i> 6715	G9B	Challis
AH26	0	11.0	7.5	9.5	7.0
	1	10.5	7.0	11.0	7.5
	2	9.0	6.0	10.0	9.0
	3	8.5	6.0	10.0	6.0
Tubli-Seal	0	4.0 <sup>b</sup>	4.5	7.5	9.0
	1	4.5	4.0	9.5	20.0
	2	5.0	4.5	10.0	17.0
	3	6.0	4.0	11.0	13.5
Apexit	0	4.0	4.0	4.0	4.0
	1	4.5	4.0	4.0	4.0
	2	5.0	4.0	4.0	4.0
	3	6.0	4.0	4.0	4.0
N2	0	20.0	11.0	17.0	13.5
	1	19.0	13.5	18.0	21.5
	2	20.0	13.5	18.0	24.0
	3	19.5	15.0	18.0	24.0

a : the sealers were prepared in a 37 $^{\circ}$ C incubator for 3 days

b : 4mm indicates no inhibition.

*S. sobrinus* 6715를 제외하고 모든 균주에 대해 항균 효과가 증가되었다. 항균효과는 polyP가 첨가되었을 때 증가하였으며, *S. mutans* GS 5에 대해서는 억제대가 4.0mm에서 3% 첨가시 6.0mm로 50%, *S. gordonii* G9B는 7.5mm에서 3% 첨가시 11mm로 33.3%, *S. gordonii* 6715는 1% 첨가시 가장 큰 항균효과를 보여 9.0mm에서 20.0 mm로 122.2% 증가하였다.

Apexit는 polyP가 3% 첨가되었을 경우, *S. mutans* GS 5에 대해 형성된 억제대의 크기가 4.0mm에서 6.0mm 증가하여 50%의 항균효과를 보인 것 이외에는 어느 실험 균주에 대해서도 polyP 첨가와 관계없이 항균효과가 나타나지 않았다.

N2는 *S. mutans* GS 5에 대해 20.0mm의 억제대를 형성하여 가장 큰 항균효과를 보였고 *S. sobrinus* 6715에 대해서는 억제대가 11.0mm로 가장 적은 효과를 보였다. PolyP가 첨가되었을 때 *S. mutans* GS 5와 *S. gordonii* G9B는 항균효과가 증가하지 않은 반면, 3% 첨가시 *S. sobrinus* 6715에 대해 억제대가 11.0mm에서 15.0mm로 36.4%, *S. gordonii* Challis에 대해서는 억제대가 13.5 mm에서 24.0mm로 117.8% 증가하였다.

2) 10일 경화 근관충전물에서 polyP의 항균효과

10일간 37℃ 배양기에서 경화시킨 polyP가 첨가된 또는 첨가되지 않은 근관충전물의 streptococci에 대한 항균효과도 관찰하였다 (Table 3). 전체 실험균주를 대상으로 했을 때 N2가 항균효과가 가장 크게 나타났고, 그 다음이 Tubli Seal, 다음이 AH26, Apexit순이었다. 3일된 근관충전물에서 AH26과 N2의 항균효과는 전반적으로 감소한 반면 Tubli Seal과 Apexit의 항균효과는 유사하였다.

AH26의 경우 streptococci에 대한 항균효과는 3일된 근관충전물에 비해 모두 감소하였고 (15.8~54.5%), polyP에 의한 항균효과의 증가가 없거나 오히려 *S. gordonii* G9B의 경우 항균효과가 25% 감소하였다.

Tubli Seal은 *S. gordonii* Challis에 대해 3일 경과된 근관충전물보다 항균효과가 감소하였으나(33.3%) 나머지 streptococci에 대해서는 항균효과의 차이가 거의 없었고 polyP가 첨가되었을 때 항균효과도 3일된 Tubli Seal의 경우와 비슷하게 증가하였다.

Apexit는 *S. mutans* GS 5에 대해서는 polyP에 의해 항균효과가 증가하지 않았다. 반면 3일된 근관충전물에서 polyP에 의해 항균효과의 증가가 나타나지 않았던 *S. gordonii* G9B에 대해 10일된 근관충전물에서는 polyP에 의해 항균효과가 25% 증가하였다.

**Table 3.** Zone of inhibition by diameter in millimeters from antibacterial activity of 10-day-old root canal sealers with or without polyP against oral streptococci.

Sealers	PolyP (%)	<i>S. mutans</i> GS-5	<i>S. sobrinus</i> 6715	<i>S. gordonii</i>	
				G9B	Challis
AH26	0	5.0	4.0	8.0	4.0
	1	5.0	4.0	6.0	4.0
	2	5.0	4.0	6.0	4.0
	3	5.0	4.0	6.0	4.0
Tubli-Seal	0	5.0	4.5	7.5	6.0
	1	5.5	5.5	11.0	6.0
	2	5.5	5.5	11.0	8.0
	3	6.5	6.5	11.5	9.0
Apexit	0	4.0	4.0	4.0	4.0
	1	4.0	4.0	5.0	4.0
	2	4.0	4.0	5.0	4.0
	3	4.0	4.0	5.0	4.0
N2	0	6.0	9.0	10.0	13.0
	1	6.5	4.0	10.0	15.0
	2	11.0	7.0	12.0	15.0
	3	13.0	6.0	12.5	15.5

N2의 항균효과는 3일에 비해 10일 경과군에서 근관충전물의 항균효과가 *S. mutans* GS 5와 *S. gordonii* G9B에 대해서 크게 감소한 반면 (70.0%, 41.1%), *S. sobrinus* 6715와 *S. gordonii* Challis는 큰 변화가 없었다. 그러나 polyP의 첨가시, *S. mutans* GS 5에 대해서는 N2의 항균효과가 크게 증가하였다(116.7%). 반면 *S. sobrinus* 6715에 대해서는 polyP에 의해 N2의 항균효과가 오히려 감소하였다(33.3%).

2. 흑색집락형성균주에 대한 polyP의 항균효과

1) 3일 경과 근관충전재에서 polyP의 항균효과

polyP의 첨가정도에 따른 근관충전재의 흑색집락형성균주에 대한 항균효과는 Table 4와 같다. 전체균주를 대상으로 했을 때 가장 큰 항균효과를 보인 것은 AH26과 N2였으나 AH26과 N2 상호간에는 큰 차이가 없었다. 그 다음은 Tubli Seal 이었고 Apexit는 *Pr. intermedia*에 대해 약간의 항균효과를 보인 것 이외에는 나머지 균주들에 대해서는 항균효과가 전혀 나타나지 않았다.

AH26은 *P. endodontalis*에 대해 가장 큰 효과를 보여 억제대가 43.5mm 였고, *Pr. intermedia*에 대해 가장 적은 효과를 보여 29.0mm 크기의 억제대를 형성했

다. *P. gingivalis* 2561 이외에는 polyP가 첨가되어도 항균효가가 거의 증가하지 않았고 polyP의 첨가량이 2% 이상이면 오히려 항균효과가 감소하는 것으로 나타났다. *P. gingivalis* 2561은 polyP가 2% 첨가되었을 때 가장 큰 항균효과를 보여 억제대가 39.0mm에서 48.5mm로 24.4% 증가하였다.

Tubli Seal은 *Pr. intermedia* ATCC 49046과 *P. gingivalis* W50에 대해 20.0mm 억제대를 형성하여 가장 큰 효과를 보인 반면, *P. gingivalis* 381에 대해 가장 적은 항균효과를 보여 11.5mm의 억제대를 형성하였다. PolyP가 첨가되었을 때 항균효과가 증가된 경우는 *P. gingivalis* 381, 2561, A7A1 28, W50 이었다. *P. gingivalis* 381, 2561에 대해 약 13~25%의 증가를 보인 반면 W50에 대해서는 polyP가 2% 첨가되었을 때 가장 큰 항균효과의 증가를 보여 억제대가 20.0mm에서 27.0mm로 35%의 증가를 보였다.

Apexit도 *Pr. intermedia* ATCC 49046에 대해서만 약간의 항균효과가 나타났고 polyP에 의한 항균효과의 증가도 관찰되었다. PolyP가 3% 첨가되었을 때 가장 큰 효과를 보여 억제대가 6.5mm에서 11.0mm로 69.2%의 증가가 나타났다.

N2는 *P. gingivalis* 2561에 대해 최고(44.5mm),

**Table 4.** Zone of inhibition by diameter in millimeters from antibacterial activity of 3-day-old root canal sealers with or without polyP against black-pigmented G(-) anaerobic rods.

Sealers	PolyP (%)	<i>P. endodontalis</i>		<i>P. gingivalis</i>				
		ATCC 35406	ATCC 49046	381	2561	A7A1-28	W50	9-14K-1
AH26	0	43.5	29.0	32.0	39.0	40.0	42.0	39.0
	1	44.0	30.0	32.0	45.0	42.0	42.5	39.0
	2	34.0	31.0	28.0	48.5	42.0	40.0	30.0
	3	34.5	29.0	28.0	47.0	40.0	42.0	31.0
Tubli-Seal	0	12.0	20.0	11.5	12.0	14.0	20.0	13.0
	1	12.0	20.5	12.0	14.0	15.5	22.0	12.0
	2	12.0	20.0	13.0	14.0	16.0	27.0	12.0
	3	12.0	21.0	11.0	14.0	17.5	24.5	13.0
Apexit	0	4.0	6.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	1	4.0	8.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	2	4.0	9.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	3	4.0	11.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
N2	0	43.0	36.0	28.0	44.5	42.5	41.0	41.0
	1	44.5	36.0	27.5	44.0	42.0	43.5	40.5
	2	45.0	37.5	38.5	49.5	50.0	45.5	42.0
	3	47.0	40.0	39.5	50.5	48.0	50.0	43.0

*P. gingivalis* 381에 대해 최저(28.0mm)의 항균효과를 나타냈다. N2는 polyP가 첨가되었을 때 모든 균주에 대해 항균효과가 증가하였다. *P. gingivalis* A7A1 28에 대해서는 N2에 polyP를 2% 첨가했을 때 억제대가 42.5mm에서 50.0 mm로 17.6% 증가하여 가장 큰 효과가 나타난 것 이외에는 나머지 실험균주는 모두 polyP가 3% 첨가되었을 때 가장 큰 항균효과가 나타나 최저 4.8%(*P. gingivalis* 9 14K 1)에서 최고 41.1%(*P. gingivalis* 381)의 증가를 보였다.

## 2) 10일 경화 근관충전재에서 polyP의 항균효과

polyP의 첨가 정도에 따른 근관충전재의 흑색집락형성균주에 대한 항균효과는 표 5와 같다(Table 5). 전체 균주를 대상으로 했을 때 항균효과는 AH26이 가장 크게 나타났고 그 다음이 N2, Tubli Seal, Apexit 순이었다. 3일된 근관충전재와 비교했을 때 AH26과 Tubli Seal이 *P. gingivalis* W50에 대해 각각 비슷한 항균효과와 증가된 항균효과를 보인 것을 제외하고 항균효과가 모두 감소하였다.

AH26은 *P. gingivalis* W50에 대해 가장 큰 항균효과를 보여 성장억제대가 41.5mm였고, *Pr. intermedia* ATCC 49046에 대해 가장 적은 항균효과를 보여 성장억제대가 19.5mm였다. PolyP를 첨가한 경우 *P. gin-*

*givalis* A7A1 28에 대해서만 13.2% 항균효과가 증가되었고, *Pr. intermedia* ATCC 49046에 대해서는 변화가 없었던 반면 나머지 흑색집락형성균주에 대해서는 AH26의 항균효과가 오히려 9.6~31.3% 감소하였다.

Tubli Seal은 *P. gingivalis* W50에 대해 가장 큰 항균효과를 보여 25.5mm의 성장억제대를 형성하였고 *P. gingivalis* 2561에 대해서는 가장 적은 항균효과를 보여 7.5 mm의 성장억제대를 형성하였다. PolyP를 첨가한 경우 모든 흑색집락형성균주에 대한 Tubli Seal의 항균효과가 증가되었는데 *P. gingivalis* A7A1 28에 대한 항균효과가 가장 크게 증가하여 3% 첨가시 성장억제대가 11.5mm에서 18.5mm로 60.9%가 증가하였고, *P. gingivalis* W50에 대한 항균효과의 증가가 가장 적어 3% 첨가시 성장억제대가 25.5mm에서 28.0mm로 9.8% 증가하였다. 나머지 균주에 대해서는 polyP를 첨가한 경우 30.0~60.0%의 항균효과 증가가 나타났다.

Apexit는 모든 흑색집락형성균에 대해 항균효과가 나타나지 않았다. PolyP를 첨가한 경우 *P. gingivalis* 2561과 9 14K 1에 대해서는 Apexit의 항균효과가 증가하지 않았으나 나머지 균주에 대해서는 Apexit의 항균효과를 37.5~87.5% 증가시켰다.

N2는 *P. gingivalis* W50에 대해 가장 큰 항균효과

**Table 5.** Zone of inhibition by diameter in millimeter from antibacterial activity of 10-day-old root canal sealers with or without polyP against black-pigmented G(-) anaerobic rods.

Sealers	PolyP (%)	<i>P. endodontalis</i>		<i>P. gingivalis</i>				
		ATCC 35406	<i>Pr. intermedia</i> ATCC 49046	381	2561	A7A1-28	W50	9-14K-1
AH26	0	28.5	19.5	28.0	32.0	26.5	41.5	30.0
	1	26.0	19.5	24.5	29.0	26.5	31.5	26.0
	2	27.0	20.0	24.0	20.0	27.5	39.5	29.0
	3	26.0	19.5	21.5	23.0	30.0	31.0	24.0
Tubli-Seal	0	11.0	14.5	10.0	7.5	11.5	25.5	10.0
	1	12.5	16.0	11.0	11.0	14.0	25.0	10.0
	2	13.0	16.0	12.0	12.0	16.5	26.5	13.5
	3	14.5	20.0	13.0	12.0	18.5	28.0	12.0
Apexit	0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	1	5.0	6.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	2	5.0	6.5	5.0	4.0	6.0	4.5	4.0
	3	6.0	7.5	6.0	4.0	6.5	5.5	4.0
N2	0	20.0	16.0	14.0	15.0	20.0	28.0	16.5
	1	22.0	20.0	22.0	18.5	24.0	22.5	17.5
	2	23.0	20.5	23.0	20.0	24.5	28.5	21.5
	3	34.5	28.5	33.0	23.5	29.5	29.5	32.5

를 보여 28.0mm의 성장억제대를 형성하였고, *P. gingivalis* 381에 대해 가장 적은 항균효과를 보여 14.0mm의 성장억제대를 형성하였다. 그러나 polyP를 첨가한 경우 *P. gingivalis* W50에 대해서는 항균효과의 차이가 없었는데, polyP 3% 첨가시 성장억제대가 29.5mm로 5.4% 증가하였다. PolyP를 3% 첨가한 경우 *P. gingivalis* 381에 대한 N2의 항균효과의 증가가 가장 크게 나타나 성장억제대가 14.0mm에서 33.0mm로 135.7% 증가하였고 나머지 균주에 대해서도 N2의 항균효과를 47.5~97.0% 증가시켰다.

#### IV. 총괄 및 고안

구강질환의 대부분은 세균에 의한 감염질환이다. 따라서 구강질환의 예방과 치료를 위해서는 세균억제 방법의 개발이나 개선이 필요하다. 근관치료에 있어서도 감염 세균의 제거와 세균의 재침입 방지는 근관치료의 성공여부를 결정짓는 가장 중요한 요인이다<sup>5,20</sup>. 본 연구는 기성의 근관충전재에 polyP를 첨가한 후 3일 또는 10일간 경화시킨 근관충전재 시편의 항균효과를 관찰함으로써 앞으로 polyP를 근관충전재의 항균물질로서 임상응용이 가능한 지에 대한 여부를 판단하고자 하였다.

사용한 근관충전재 중 N2는 첨가물인 paraformaldehyde 때문에 조직에 대한 강한 자극이 있는 등 조직 적응성이 떨어지고 심지어 압유발 잠재성이 있어<sup>26,32,36</sup> 실제 임상 사용의 측면에서보다는 강조된 항균효과 때문에 항균효과 비교를 위한 양성대조군으로서 사용하였다. Resin 계열의 AH26은 polyP의 첨가와 관계없이 항균효과면에서 사용된 근관충전재중 가장 우수하여 N2와 비슷한 항균효과를 보였다. 이는 경화제인 hexametylenetetramine으로부터 formaldehyde가 유리되기 때문인 것으로 보인다<sup>51</sup>. Heling과 Chandler<sup>30</sup>도 근관내로 인위적으로 감염시킨 *E. faecalis*에 대해 AH26이 가장 항균효과가 좋은 것으로 보고하였다. Al Khatib 등<sup>33</sup>은 실험에 사용한 근관충전재 중 AH26이 *P. endodontalis*에 가장 효과가 좋은 것으로 보고하였다. 본 실험에서 AH26은 streptococci에 대해서보다는 *P. endodontalis*를 포함한 모든 집락형성균들에 대해 강한 항균효과를 보였다. AH26은 혼합 2일 후 경화되었을 때 formaldehyde 양이 처음 혼합시보다 200배 높고 그 후 1주일동안 계속 감소하는 것으로 보고되고 있다<sup>52</sup>. 본 실험에서도 AH26은 3일에 비해 10일 되었을 때 대부분의 균주에 대한 항균효과가 감소하는 양상을 보였다. AH26은 formaldehyde를 유리시키기 때문에 ZOE나 Ca(OH)<sub>2</sub> 계열의 근관충전재보다 조직자극성이 높은 것으로 나타나고 있다<sup>40</sup>.

AH26에 polyP를 첨가시켰을 경우, 3일 후 streptococci

나 흑색집락형성균들에 대한 항균효과의 증가를 관찰할 수 없었다. 그러나 *P. gingivalis* 2561에 대해서는 20.5%의 증가가 나타났다. 10일된 AH26의 항균효과는 *P. gingivalis* A7A1 28에 대해서만 polyP에 의해 증가되었다.

PolyP에 의한 항균효과의 증가는 ZOE계열인 Tubli Seal을 사용하였을 때 뚜렷하게 나타났다. AH26과는 달리 3일된 Tubli Seal 경우, polyP가 첨가되었을 때 *S. gordonii* G9B와 Challis, *S. mutans* GS 5에 대해서, 10일된 경우는 polyP에 의해 모든 streptococci에 대한 항균효과가 증가되었다. *S. mutans*는 충치의 원인균이고, *S. gordonii*는 치아표면에 치태가 형성될 때 가장 먼저 나타나는 구강상재세균이기 때문에<sup>53</sup> 근관치료시나 근관충전후 치관부위로부터 치근단 방향으로 언제든지 근관내로 이들 세균의 재감염이 가능할 것으로 생각되기 때문에 polyP에 의한 항균효과의 증가는 의미있는 것으로 생각된다.

또한 근관감염이 진행될 때 가장 빈도 높게 나타나는 *Porphyromonas*<sup>10,11</sup> 등 흑색집락형성균에 대해서도 polyP가 Tubli Seal의 항균효과를 높이는 것으로 나타났다. 즉, 3일된 AH26의 경우 polyP(2%)가 *P. gingivalis* 균주 중에서 2561에 대한 항균효과를 24.4% 증가시켰고 polyP (3%)가 10일된 AH26의 항균효과를 *P. gingivalis* A7A1 28에 대해서만 13% 정도 증가시켰는데 반해, 3일된 Tubli Seal의 경우는 polyP (2~3%)가 *P. gingivalis* 균주 중 A7A1 28과 W50에 대해 25%, 35% 씩 증가시켰고, 10일된 Tubli Seal의 항균효과는 polyP에 의해 두 균주를 비롯한 모든 흑색집락형성균주에 대해 9~61%정도 증가시켰다. 흥미로운 것은 2561에 비해 A7A1 28과 W50는 독성이 강한 균주로 알려지고 있고<sup>54,55</sup> 특히 A7A1 28과 같은 항원형의 균주는 치주염 환자에서 많이 나타나고 치주낭이 깊을수록 더 빈번하게 발견되고 있다<sup>57</sup>. 한편 polyP는 골재생능력이 있는 것으로 밝혀짐으로써<sup>58</sup> 치주질환으로 인해 역방향으로 치수감염되어 근관 치료를 했거나 치근단 병소가 있는 채로 근관충전을 할 때 Tubli Seal을 사용할 경우는 polyP의 첨가가 장점이 있을 것으로 생각된다. 또한 10일된 Tubli Seal의 경우 3일된 Tubli Seal과 비교했을 때 다른 근관충전재보다 항균효과의 감소폭이 적을 뿐만 아니라 polyP가 첨가되었을 때 3일된 Tubli Seal 보다 오히려 항균효과의 증가폭이 크게 나타났다. 근관감염시에만 특징적으로 나타나는 *P. endodontalis*<sup>21,22,24</sup>에 대해서 AH26은 3일이나 10일된 것 모두 polyP에 의해 항균효과가 증가하지 않은 반면, Tubli Seal은 3일에서 polyP에 의한 항균상승효과는 없었으나 오히려 10일에 32% 증가하였다. 이같은 사실은 polyP 첨가가 Tubli Seal에서, 그리고 시간이 지날수록 다

른 근관충전제보다 더욱 효과적으로 작용할 수 있음을 시사하는 것으로 사료된다. Tubli Seal과 같은 ZOE 근관충전제에 포함되어 있는 eugenol은 항균효과를 나타내지만 동시에 조직에 대한 자극이 있고 자극도 장기간 지속되는 것으로 알려져 있다<sup>59</sup>. 따라서 ZOE 제제에서 eugenol의 양을 줄이고 대신 polyP를 첨가할 수 있다면 조직자극성을 낮추고 항균효과를 유지 또는 증가시킬 수 있는 장점이 있을 것으로 생각된다.

N2에 함유된 paraformaldehyde는 37°C에서 쉽게 기화하여 물에 용해되기 때문에 항균효과가 높게 나타난다<sup>60</sup>. AH26의 경우도 hexamethylenetetramine으로부터 유래된 formaldehyde<sup>61</sup>가 쉽게 물에 용해되기 때문에 N2와 비슷한 항균효과를 보이는 것으로 판단된다. 그러나 혼합 후 10일 되었을 때 N2가 AH26보다 오히려 항균효과가 낮게 나타났는데 이는 N2가 AH26보다 초기에 formaldehyde를 다량 유리하는 반면, AH26은 오랜시간 동안 서서히 formaldehyde를 유리하기 때문인 것으로 보인다. 그러나 N2의 경우 polyP의 효과가 3일된 것 보다 10일된 N2에서 크게 나타나는 것으로 보아 formaldehyde를 배제한 N2의 조성에서 polyP를 첨가시킨다면 polyP의 항균상승효과를 보다 뚜렷하게 볼 수 있을 것으로 기대된다. Tubli Seal과 마찬가지로 N2의 기본 조성 역시 ZOE 계열이기 때문에 polyP의 효과는 ZOE의 계열에서 두드러지게 나타나는 것으로 생각된다.

Ca(OH)<sub>2</sub> 계열의 근관충전제는 조직적응성이 좋고 치근단 폐쇄유도효과가 있는 것으로 알려져 있으나<sup>27</sup>, 많은 연구에서 Ca(OH)<sub>2</sub> 계열의 근관충전제는 항균효과가 가장 낮은 것으로 보고되고 있다<sup>33,34</sup>. 본 실험에 사용된 Ca(OH)<sub>2</sub>계인 Apexit도 항균효과가 거의 없는 것으로 나타났다. 이는 한천배지에서 Ca(OH)<sub>2</sub>의 OH 용해도가 낮기 때문에 나타난 현상으로 사료된다<sup>30</sup>. 그러나 Ca(OH)<sub>2</sub> 계열의 근관충전제는 혼합초기보다는 혼합후 1주일 정도 되었을 때 항균효과가 더 크게 나타나는 것으로 보고되고 있다<sup>27,32,34</sup>. 본 연구에서는 실험군주에 대해 3일이나 10일된 Apexit 자체의 항균효과에는 큰 차이가 없었다. PolyP의 효과는 3일에서 보다는 10일된 Apexit에서 다소나마 증가하는 현상을 보였다.

정화된 근관충전제의 용해도 또는 확산도가 한천배지 상에서 다르게 나타나고<sup>33</sup> 또한 근관충전제의 항균효과는 용해도에 크게 좌우되기 때문에 본 연구에서 나타난 억제대의 크기만 가지고 근관충전제의 항균효과를 상대평가 하기는 어려울 것으로 사료된다. 따라서 polyP의 효과는 같은 근관충전물에서 나타난 항균효과의 차이로 평가하는 것이 보다 합리적일 것으로 생각된다.

앞서 언급한 바와 같이 polyP는 AH26보다는 N2와 Tubli Seal에 첨가했을 때 항균효과의 증가가 뚜렷이 관찰되었는데 이는 근관충전제의 조성물이 중요한 역할을 한다

는 것을 시사하는 것으로 사료된다. 한편 polyP의 양에 따라 항균효과가 비례하여 증가하지 않았기 때문에 최대의 항균효과를 위해서는 근관충전제의 기본조성에 따라 polyP의 양을 조절해야할 것으로 생각된다.

모든 근관충전제가 흑색집락형성균에 비해 streptococci에 대한 항균효과가 떨어졌다. 그 이유는 확실치 않으나 아마도 Gram 양성균이 흑색집락형성균 같은 Gram 음성균보다 세포벽이 두꺼워 화학물질에 대한 저항성이 높기 때문인 것으로 추측된다. PolyP의 효과도 *S. gordonii* Challis 이외에 다른 streptococci에 대해서는 비교적 적었다. 최 등<sup>48</sup>, 공 등<sup>49</sup>, 최 등<sup>50</sup>은 polyP가 0.05%가 첨가된 배지에서 이들 흑색집락형성균의 성장이 억제되는 것으로 보고하였다. 반면 *S. mutans*와 *S. sobrinus*는 이보다 높은 농도인 0.08%의 polyP가 있어야 억제되는 것으로 나타나고 있다<sup>60</sup>. 본 연구에서 *S. sobrinus* 6715는 가장 저항적인 균주로 나타났는데 *S. sobrinus* 6715에 대해서는 polyP가 첨가되어도 3일된 N2, 10일된 Tubli Seal 이외에는 근관충전제의 항균효과가 증가되지 않았다.

최근 치과재료에 항균작용을 갖는 물질을 첨가하는 경향이 많다<sup>61,62</sup>. 근관충전재료의 경우는 항균작용이 더욱 중요하다고 생각되나 근관충전을 위해 완벽한 항균효과를 갖는 재료는 개발되어 있지 않다<sup>37</sup>. 그러나 세균이 잔존할 경우 정상인보다 전신질환을 갖고 있는 사람에서 근관치료가 실패될 가능성이 높고, 최근 당일 근관충전 방법을 많이 사용하는 경향으로 볼 때 항균제 개발은 절실히 요구되는 것으로 사료된다. 이런 상황으로 미루어 polyP는 streptococci나 흑색집락형성균에 항균효과가 있을 뿐 만 아니라<sup>49,50,60</sup>, 골재생능력도 있으며<sup>58</sup>, 또한 인체에 안전한 물질이기 때문에<sup>43</sup> 앞으로 임상에서 근관충전제의 첨가 항균제로서 사용이 가능할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

근관치료의 성공여부는 근관내 감염세균의 제거와 세균의 재침입을 억제할 수 있는지의 여부에 따라 좌우된다. 여러 가지 근관충전제가 소개되고 있지만 다양한 종류의 세균에 대한 항균효과가 뛰어나고 조직적응성이 우수한 이상적인 근관충전제는 아직 개발되어 있지 않다. 본 연구는 인체에 무해하고 항균효과가 우수한 것으로 알려진 polyphosphate(polyP)인 Calgon을 근관충전제에 첨가할 경우 항균효과에 주는 영향을 판단하고자 하였다.

기성의 근관충전용 시멘트인 레진계 AH26, zinc oxide eugenol계 Tubli Seal, Ca(OH)<sub>2</sub>계 Apexit, 그리고 paraformaldehyde가 포함되어 항균효과가 강조된 N2를 양성대조군으로 하였다. 각 근관충전용 시멘트에 polyP를 0~3% 첨가, 혼합한 후 3일 또는 10일 동안 37°C 배양기

에서 경화시킨 근관충전재 시편 (3×4mm)의 streptococci와 흑색집락형성균에 대한 항균효과를 한천배지 확산법으로 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 3일 경화시킨 근관충전재 중 양성대조군인 N2가 모든 실험에 대해 가장 큰 항균효과를 보였고, 다음이 AH26, Tubli Seal 순 이었고, Apexit는 항균효과가 거의 나타나지 않았다. 반면 10일 경화시킨 근관충전재에서는 AH26이 N2보다 항균효과가 높게 나타났다.
2. 모든 기성의 근관충전재는 streptococci에 비해 흑색집락형성균에 더 강한 항균효과를 보였고 Apexit를 제외하고 10일 보다는 3일에서 더 큰 항균효과가 나타났다.
3. AH26은 streptococci에 대해서는 항균효과가 적었으나 흑색집락형성균에 대해서는 3일에서 N2와 비슷한 항균효과를 보였고, 10일에서는 N2보다 높게 나타났다.
4. Tubli Seal은 AH26에 비해 모든 실험군에 대한 항균효과가 적게 나타났으나, *S. gordonii* Challis에 대해서는 AH26보다 다소 높게 나타났다.
5. PolyP에 의한 항균효과의 증가는 Tubli Seal과 N2에 첨가하였을 때 뚜렷하게 나타났다.
6. PolyP를 첨가한 경우 3일 경화된 AH26의 항균효과는 일부 실험군주에서만 증가하였다. Streptococci 중에서 *S. gordonii* G9B와 Challis에 대해 AH26의 항균효과가 16, 29% 증가한 반면, 흑색집락형성균 중에서는 *P. gingivalis* 2561에 대해서만 약 24% 증가하였다. 10일된 AH26의 경우는 *P. gingivalis* A7A1 28에 대해서만 polyP 첨가로 13% 정도 항균효과가 증가하였다.
7. PolyP를 첨가한 경우 3일 경화된 Tubli Seal의 항균효과는 streptococci 중 *S. mutans* GS 5, *S. gordonii* G9B, Challis에서 각각 50%, 47%, 122% 증가하였다. 흑색집락형성균 중에서는 9 14K 1을 제외한 모든 *P. gingivalis* 균주들에 대해서 13~35% 증가하였다. 10일 경화된 Tubli Seal은 대부분의 균주에 대해 polyP 첨가로 항균효과가 증가되었다.
8. 3일된 Apexit는 *S. mutans* GS 5와 *Pr. intermedia* ATCC 49046에 대해서만 항균효과가 미약하게 나타났고 polyP를 첨가한 경우 이들 세균에 대한 항균효과가 각각 50%, 69% 증가하였다. 10일된 Apexit는 3일된 Apexit보다 오히려 polyP에 의한 항균효과의 증가가 뚜렷이 나타났다.

이상의 결과로 비추어 polyP는 근관충전재의 항균효과를 높이기 위한 항균 첨가물로 임상에서 사용이 가능할 것으로 판단되며 항균효과를 극대화하기 위해서는 근관충전재의 조성을 고려해야 할 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

1. Dahlén, G., and Möller, Å.J.R.: Microbiology of endodontic infections. In: Contemporary Microbiology and Immunology, J. Slots and M.A. Taubman (ed.), p444 475, Mosby Year book, St. Louis, 1991.
2. Henrich, A.T., and Hartzell, T.B.: The bacteriology of vital pulp. Res. J., 1:419 422, 1919.
3. Kakehashi, S., Stanley, H.R., and Fitzgerald, R.J.: The effects of surgical exposures of dental pulps in germ free and conventional laboratory rats. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 20:340 349, 1965.
4. Möller A, Fabricius, L., Dahlén, G., Öhman A., and Heyden, G.: Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. Scand. J. Dent. Res., 89:475 484, 1981.
5. Stashenko, P.: Immunological aspects of pulpal infection. In: Contemporary Microbiology and Immunology, J. Slots and M.A. Taubman (ed.), p555 560, Mosby Year Book, St. Louis, 1991.
6. Haapasalo, M.: Black pigmented Gram negative anaerobes in endodontic infections. FEMS Immunol. Med. Microbiol., 6:213 218, 1993.
7. Sundqvist, G.: Bacteriological studies of necrotic dental pulps. Ume University: Thesis No. 7, 1976.
8. Kobayashi, T., Hayashi, A., Yoshikawa, R., Okuda, K., and Hara, K.: The microbial flora from root canals and periodontal pockets of non vital teeth associated with advanced periodontitis. Int. Endo. J., 23:100 106, 1990.
9. Van Winkelhoff, A.J., Carlee, A.W., and de Graaff, J.: Bacteroides endodontalis and other black pigmented Bacteroides species in odontogenic abscesses. Infect. Immun., 49:494 497, 1985.
10. Haapasalo, M.: Bacteroides spp. in dental root canal infections. Endod. Dent. Traumatol., 5:1 10, 1989.
11. Sundqvist, G., Johansson, E., and Sjögren, U.: Prevalence of black pigmented Bacteroides species in root canal infections. J. Endodon., 15:13 19, 1989.
12. Baumgarten, J.C., and Falker, W.A. Jr.: Reactivity of IgG from explant cultures of periapical lesions with implicated microorganisms. J. Endodon., 17:207 212, 1991.
13. Tanner, A., and Stillman, N.: Oral and dental infections with anaerobic bacteria: clinical features, predominant pathogens, and treatment. Clin. Infect. Dis., 16 (Suppl.):S304 S309, 1993.
14. Haapasalo, M., Ranta, H., Ranta, K., and Shah, H.: Black pigmented Bacteroides spp. in human apical periodontitis. Infect. Immun., 53:149 153, 1986.
15. Chen, H.: The correlation of black pigmented Bacteriodes spp. to symptoms associated with apical periodontitis. Chung Hua Kou Chiang I Hsueh Chinese J. Stomatol., 20:70 72, 1991.
16. Griffée, M.B., Patterson, S.S., Miller, C.H., Kafrawy, A.H., and Newton, C.W.: The relationship of Bacteroides melaninogenicus to symptoms associated with pulpal necrosis. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 50:457 461, 1980.
17. Yoshida, M., Fukushima, H., Yamamoto, K., Ogawa, K., Toda, T., and Sagawa, H.: Correlation between clinical symptoms and microorganisms isolated from root canals with periapical lesions. J. Endodon., 13:24 28, 1987.
18. Hahn, C. L., Falker, W.A. Jr., and Minah, G.E.: Correlation between thermal sensitivity and microor

- ganisms isolated from deep carious dentin. J. Endodon., 19:26 30, 1993.
19. Hashioka, K., Suzuki, K., Yoshida, T., Nakane, A., Horiba, N., and Nakamura, H.: Relationship between clinical symptoms and enzyme producing bacteria isolated from infected root canals. J. Endodon., 20:75 77, 1994.
  20. Dahlén, G.G.: Black pigmented Gram negative anaerobes in periodontitis. FEMS Immunol. Med. Microbiol., 6:181 192, 1993.
  21. Jousimies Somer, H.R.: Update on the taxonomy and the clinical and laboratory characteristics of pigmented anaerobic Gram negative rods. Clin. Infect. Dis., 20 (Suppl.):S187 S191, 1995.
  22. Mayrand, D., and Holt, S.C.: Biology of asaccharolytic black pigmented Bacteroides species. Microbiol. Rev., 52:134 152, 1988.
  23. Sundqvist, G.: Pathogenicity and virulence of black pigmented Gram negative anaerobes. FEMS Immunol. Med. Microbiol., 6:125 138, 1993.
  24. Van Winkelhoff, A.J., van Steenberghe, T.J.M., and de Graaff, J.: The role of black pigmented Bacteroides in human oral infections. J. Clin. Periodontol., 15:145 155, 1988.
  25. Slots, J., and Gibbons, R. J.: Attachment of Bacteroides melaninogenicus subsp. asaccharolyticus to oral surfaces and its possible role in colonization of the mouth and of periodontal pockets. Infect. Immun., 19:254 264, 1978.
  26. Geurtsen, W., and Leyhausen, G.: Biological aspects of root canal filling materials histocompatibility cytotoxicity, and mutagenicity. Clin. Oral Investig., 1:5 11, 1997.
  27. Filho, T.M., Leonardo, M.R., Silva, L.A.B., and Utrilla, L.S.: Effect of different root canal sealers on periapical repair of teeth with chronic periradicular periodontitis. Int. Endo. J., 31:85 89, 1998.
  28. McDougall, I.G., Patel, V., Santerre, P., and Friedman, S.: Resistance of experimental glass ionomer cement sealers to bacterial penetration in vitro. J. Endodon., 25:739 742, 1999.
  29. Torabinejad, M., Watson, T.F., and Pitt Ford, T.R.: The sealing ability of a mineral trioxide aggregate as a retrograde root filling material. J. Endodon., 19:591 595, 1993.
  30. Abdol, A.K., and Retief, D.H.: The apical seal via the retrosurgical approach. I: a preliminary study. Oral Surg., 53:614 621, 1982.
  31. Rappaport, H.M., Lilly, G.E., and Kapsimalis, P.: Toxicity of endodontic fillings materials. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 18:785 802, 1964.
  32. Heling, I., and Chandler, N.P.: The antibacterial effect with dentinal tubules of four root canal sealers. J. Endodon., 22:257 259, 1996.
  33. Al Khatib, Z.Z., Baum, R.H., Morse, D.R., Yesilsoy, C., Bhambhani, S., and Furst, M.W.: The antibacterial effect of various endodontic sealers. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 70:784 790, 1990.
  34. Fuss, Z., Weiss, E.I., and Shalhav, M.: Antibacterial activity of calcium hydroxide containing endodontic sealers on *Enterococcus faecalis* in vitro. Int. Endod. J., 30:397 402, 1997.
  35. Nambu, T.: Study on antibacterial root canal sealer containing chlorhexidine dihydrochloride. I. Influence of components of a base sealer on its properties. Dent. Mater. J., 30 : 56 70, 1984.
  36. Nambu, T.: Study on antibacterial root canal sealer containing chlorhexidine dihydrochloride. II. Investigation of antibacterial activity and follow up study on clinical usage. Dent. Mater. J., 3:288 311, 1984.
  37. Torabinejad, M., Hong, C.U., Pitt Ford, T.R., and Kettering, J.D.: Antibacterial effect of some root end filling materials. J. Endodon., 21:403 406, 1995.
  38. Ohara, P., Torabinejad, M., and Kettering, J.D.: Antibacterial effects of various endodontic medicaments on selected anaerobic bacteria. J. Endodon., 19:498 500, 1993.
  39. Shalhav, M., Fuss, Z., and Weiss, E.J.: In vitro antibacterial activity of a glass ionomer endodontic sealer. J. Endodon., 23:616 619, 1997.
  40. Economides, N., Kotsaki Kovatsi, V. P., Pouloupoulos, A., Kolokuris, I., Rozos, G., and Shore, R.: Experimental study of the biocompatibility of four root canal sealers and their influence on the zinc and calcium content of several tissues. J. Endodon., 21:122 127, 1995.
  41. Kulaev, I.S.: Biochemistry of inorganic polyphosphates. Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol., 73:131 158, 1975.
  42. Kornberg, A.: Inorganic polyphosphate: toward making a forgotten polymer unforgettable. J. Bacteriol., 177:491 496, 1995.
  43. United States Department of Agriculture: Meat and poultry products: phosphates and sodium hydroxide. Fed. Register Rule Reg., 47:10779, 1982.
  44. Zaika, L.L., and Kim, A.H.: Effect of sodium polyphosphates on growth of *Listeria monocytogenes*. J. Food Prot., 56:577 580, 1993.
  45. Lee, R.M., Hartman, P.A., Stahr, H.M., Olson, D.G., and Williams, F.D.: Antibacterial mechanisms of long chain polyphosphates in *Staphylococcus aureus*. J. Food Prot., 57:289 294, 1994.
  46. Tanzer J.M., and Hageage, G.J. Jr.: Polyphosphate inhibition of growth of plaque formed by streptococci and diphtheroids implicated in oral disease. Infect. Immun., 1:604 606, 1970.
  47. Shibata, H., and Morioka, T.: Antibacterial action of condensed phosphates on the bacterium *Streptococcus mutans* and experimental caries in the hamsters. Arch. Oral Biol., 27:809 816, 1982.
  48. 최성백, 민병순, 최호영, 박상진, 이진용, 최기운: Polyphosphate가 *Porphyromonas endodontalis*의 성장에 미치는 영향에 관한 연구. 경희치대논문집, 19:857 866, 1997.
  49. 공희정, 최호영, 민병순, 박상진, 이진용, 최기운: 구강세균 *Prevotella intermedia*의 성장에 따른 polyphosphate의 영향에 관한 연구. 대한치과보존학회지, 23:550 560, 1998.
  50. 최인식, 박병래, 김홍렬, 신재원, 최유진, 최영철, 이진용: *Porphyromonas gingivalis*에 대한 polyphosphate의 항균 효과. 대한미생물학회지, 34:285 301, 1999.
  51. Spangberg, L.S.W.: Endodontic filling materials. In: Biocompatibility of Dental Materials, D.C. Smith and Williams (ed.), p213, Vol.3, CRC Press, Boca Raton, 1982.
  52. Spangberg, L.S., Barabosa, S. V., and Lavigne, G. D.: AH26 releases formaldehyde. J. Endodon., 19:96 598, 1993.
  53. Liljemark, W.F., and Bloomquist, C.: Human oral microbial ecology and dental caries and periodontal diseases. Crit. Rev. Oral Biol. Med., 7:180 198, 1996.

54. Van Steenberghe, T.J.M., Kasatelein, P., Touw, J.J.A, and de Graaff, J.: Virulence of black pigmented *Bacteroides* strains from periodontal pockets and other sites in experimentally involved skin lesions in mice. *J. Periodont. Res.*, 17:41-49, 1982.
55. Chen, P.B., Neiders, M.E., Chen, P.B., Suido, H., Reynolds, H.S., and Zambon, J.J.: Effect of immunization on experimental *Bacteroides gingivalis* infection in a murine model. *Infect. Immun.*, 55:2534-2537, 1987.
56. Neiders, M.E., Chen, P.B., Suido, H., Reynolds, H.S., Zambon, J.J., Shlossman, M., and Genco, R.J.: Heterogeneity of virulence among strains of *Bacteroides gingivalis*. *J. Periodont. Res.*, 24:192-198, 1989.
57. Amano, A., Nanagawa, I., Kataoka, K., Morisaki, I., and Hamada, S.: Distribution of *Porphyromonas gingivalis* strains with *fimA* genotypes in periodontitis