

근관 실러의 분류와 특성 비교

최동진, 정지은, 곽은정, 박원서, 정복영, 김기덕, 방난심*
연세대학교 치과대학 통합진료과

ABSTRACT

Root Canal Sealers : from Conventional Sealers to the Contemporary Sealers

Dongjin Choi, Jieun Jung, Eun-Jung Kwak, Wonse Park, Bock-Young Jung,
Kee-Deog Kim, Nan-Sim Pang*

Department of Advanced General Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University

The aim of this review was to compare calcium hydroxide-based root canal sealers with various contemporary commercial sealers especially leakage / solubility aspect. An extensive search of the endodontic literature through pubmed was made to identify publications related to calcium hydroxide-based sealers, epoxy resin-based sealers, methacrylate resin-based sealers and bioceramic-based sealers.

1. All sealers leak in long-term evaluation (> 60 days).
(except MTA sealers, because they do not have long-term [> 120 days] evaluation data yet.)
2. Some sealers have better short-term sealing ability (< 30 days).
(but, the result could be reversed in long-term evaluation and meaningless after some period, because all sealers leak eventually.)
3. Regardless of the type of sealers, leakage increases over time.
4. A lot of endodontic treatment failure cases are because of re-infection through various route.
5. It is very important for the long-term survival of endodontically treated teeth that installation of full coverage-type final restoration as soon as possible after endodontical treatment.
(further research is required to establish the sealing ability of luting cement or core material)

It seems right to use sealers that have best bacterial sealing ability during those period (about 20 days) until the installation of full coverage-type final restoration right after the endodontical treatment finished. In that case, calcium hydroxide-based sealers are very effective and efficient.

Key words : Root canal sealer, Calcium Hydroxide-Based sealer, Methacrylate resin based sealer, Leakage, Sealing, Bonding

서 론

Correspondence : Prof. Nan-Sim Pang
Department of Advanced General Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Republic of Korea
Tel: +82-2-2228-8982, fax: +82-2-2227-8906
E-mail: pangns@yuhs.ac
Received: October 11, 2017; Revised: October 17, 2017; Accepted: October 20, 2017

근관을 단단한 코어 물질로 채우는 과정에서 leakage를 예방하기 위해, 상아질 벽과 코어 물질사이의 미세한 틈을 채우고 밀접한 폐쇄를 얻을 목적으로 특정한

형태의 시멘트가 필요하다는 사실은 잘 알려져 있다¹. Ørstavik에 따르면, 실러는 근관계의 폐쇄에 있어서, 형성된 근관내의 접근 불가능한 부위를 채워주며, 근관내에 남아있는 미생물들을 가두어 두는 중요한 역할을 담당한다². 따라서, 실러의 선택은 근관치료의 결과에 영향을 미칠 수 있다³. 이상적인 실러가 갖춰야 할 성질에 대해서는 1982년 Grossman이 제시한 바 있다⁴(Table 1).

다수의 환자를 대상으로 전통적인 비접착식 근관 실러를 사용하여 성공적인 임상적 결과를 얻었다는 연구^{5,6}에도 불구하고, 전통적인 ZOE/gutta-percha를 사용한 근관 충전법은 완벽하지 않다^{7,8}. 이러한 전통적인 실러를 사용한 충전법이 근관계 내부를 완전하게 밀폐시킬 수 없기 때문에, 근관치료의 성패는 재감염을 예방할 수 있도록 하는 치관부의 밀폐 정도에 영향을 받을 수밖에 없다^{9,10}.

실러의 범위를 넓혀서 에폭시 레진 계열, 메타크릴레이트 레진 계열 등 다양한 계열의 실러를 사용한 경우에도 1년 이상의 장기간 실험에서 bacterial leakage를 나타내지 않는 경우는 없으며 현재로서는 기존의 상품화된 제품들에 비해 이러한 새로운 제품들이 뚜렷한 장점을 보인다고 하기 어렵다^{8,15,18-20,32}. 최근에 도입되어 많은 연구가 이뤄지고 있는 MTA sealer로 대표되는 바이오세라믹 계열의 실러의 경우 단기간의 밀폐 능력에서는 기존의 산화아연유지놀 계열 실러 및 에폭시 레진 계열 실러에 비해 더 나은 결과를 보여주는 연구 결과가 많이 보고되고 있으나, 1년 이상 장기간의 연구 데이터는 아직 전무한 실정이다³³.

근관치료가 완료된 치아의 장기간 성공 및 실패원인을 조사한 일련의 논문들에서 공통적으로 언급되고 있는 사항들은 다음과 같다. 치주적으로 관리가 되지 않은 치아, 근관치료 후 최종 보철 수복까지의 지연, 최종 수복물의 leakage 및 파절, 모든 교두를 감싸는 형태의 최종 수복물을 장착하지 않은 경우 등 근관치료된 치아의 발치를 초래하는 가장 큰 원인은 근관치료 자체의 잘못이 아닌 재감염이 발생했기 때문이라는 것이다³⁹⁻⁴².

이와 같이 근관치료의 성공에 있어서 치관부 밀폐의 중요성에 대해서는 논란이 있지만, 많은 권위자들은 치관부의 밀폐와는 별개로 장기간 치근단 조직의 건강을 유지하기 위해서는 근관계 내부의 완전한 밀폐가 중요하다고 생각하고 있다¹¹. 따라서, 많은 새로운 근관 실러들이 보다 더 완벽한 근관계 폐쇄를 목적으로 개발되어 왔다. 본 리뷰 논문에서는 다양한 실러의 종류에 대해 소

개하고 각 실러들의 특성을 leakage를 중심으로 살펴보고자 한다. 또한, 이를 바탕으로 현재 사용되고 있는 산화아연 계열 실러의 유용성에 대해 제고해 보고 현 시점에서 가장 추천할 만한 실러는 무엇인지 제안하고자 한다.

1. Root canal sealer의 이상적인 요구조건

Table 1. Grossman(1982) listed 11 requirements and characteristics for root canal sealers

1. It should be tacky when mixed to provide good adhesion between it and the canal wall when set.
2. It should make a hermetic seal.
3. It should be radiopaque so that it can be visualized on the radiograph.
4. The particles of powder should be very fine so that they can mix easily with liquid.
5. It should not shrink upon setting.
6. It should not discolour tooth structure.
7. It should be bacteriostatic or at least not encourage bacterial growth.
8. It should set slowly.
9. It should be insoluble in tissue fluids.
10. It should be well tolerated by the periapical tissue.
11. It should be soluble in common solvents if it is necessary to remove the root canal filling.

① 폐쇄능력이 우수해야 한다(creation of a seal). 실러는 근단방향, 측방 및 치관 방향으로 폐쇄를 유지하여야 한다.

② 근관벽과 충전재 사이에서 접착성(adhesiveness)이 있어야 한다. 접착성이 좋은 재료라면 코어재료와 상아질 사이에 완전한 접착을 이루어 모든 공간을 막아줄 것이다. 산화아연유지놀 계열의 실러는 접착성이 없으나 레진계 실러는 다소의 접착성을 가진다.

③ 혼화(mixing)했을 때 점착성(tacky)이 있어야 한다.

④ 방사선 불투과성이어야 한다. 실러는 방사선 사진에서 보일 수 있어야 한다. 그러나 실러의 방사선 불투과성이 강할수록 충전내부의 기포를 가려(obscure) 보이지 않게 하는 단점이 있다.

⑤ 치질을 착색시키지 않아야 한다. 잔여물이 추후에 치관을 착색시키지 않아야 한다. 현재 시험된 모든 실러, 특히 산화아연유지놀 계열의 실러나 중금속을 함유하는 실러는 치질을 착색시킨다.

⑥ 천천히 경화하여야 한다. 실러는 충전물을 도입하고 조작할 수 있는 적절한 작업시간(working time)을 허

용해야 하고 충전이 종료되면 곧 경화하여야 한다. 포스트 공간을 즉시 형성할 경우에는 실러가 경화되어 있지 않는 것이 좋다.

⑦ 경화시 수축하지 않아야 한다. 실러는 체적이 안정적이거나 경화시 약간 팽창해야 한다.

⑧ 쉽게 혼합할 수 있어야 하고 근관 속에 잘 유입되어야 한다.

⑨ 구강 또는 조직액에 용해되지 않아야 한다(Insolubility to oral and tissue fluids). 실러는 조직액에 닿았을 때 분해되지 않아야 한다. 실러는 특히 구강용액에 닿았을 때, 다소 용해되는 성질을 가지고 있다.

⑩ 치근단 조직에 자극을 가하지 않아야 한다(tissue tolerance). 실러가 조직의 파괴나 세포의 사멸을 초래해서는 안된다. 사용되는 모든 실러는 다소의 독성을 나타낸다. 이 독성은 실러가 경화되기 전에 가장 크고 경화 후 및 시간 경과에 따라 감소하는 경향이 있다.

⑪ 세균의 성장을 조장하지 않아야 한다(bacteriostatic properties). 살균성을 가진 실러가 이상적이겠으나 세균을 죽이는 물질은 환자의 조직에도 독성을 나타낼 것이다. 최소한 실러는 세균의 성장을 조장하지는 않아야 한다.

⑫ 필요시 제거하고자 할 때 용매에 용해되어야 한다(solubility in solvent). 충전 후 수일, 수개월, 또는 수년 후에 포스트 공간형성 또는 재치료가 필요할 수 있다. 실러는 용매에 용해될 수 있어야 한다. 다양한 실러는 서로 다른 용매에서 다양한 기계적 방법으로 서로 다른 용해도를 나타낸다.

2. Root canal sealer의 성분/조성에 따른 분류

Table 2. A. Classified according to the chemical composition- Ingle¹²

- Zinc oxide-eugenol based cements.
- Calcium hydroxide containing cements.
- Resin based cements.
- Glass Ionomer based cements.
- Experimental Sealers

Table 3. B. According to Clark

- Absorbable.
- Non-absorbable.

일반적으로 주요 네가지 종류의 실러는 산화아연유지놀계, 레진계, 글라스아이오노머계 그리고 수산화칼

슘 함유 실러이다. 그 외에도 수종의 실러가 소개되었으나 모두 실험단계의 실러라고 보아야 한다. 모든 실러는 Grossman 실러와 비교되는데 이 실러는 시험을 거쳐 오랫동안 사용되어 왔으며, 최근에 널리 사용되는 레진계 실러는 바람직한 물성을 많이 가지고 있다. 수산화칼슘계와 글라스아이오노머계 실러는 새롭고 흥미로운 성질을 가지고 있으나 현저한 단점도 가지고 있다.

1) 산화아연유지놀계 실러

산화아연유지놀계 실러는 오랫동안 성공적으로 사용되어 왔다. 이 실러는 치질착색, 경화시간의 지연, 접착성 결여 그리고 용해성과 같은 부정적인 성질을 갖지만 긍정적인 성질이 더 크다. Grossman's Formulation은 다음과 같은 비율의 성분을 갖는다.

분말: 산화아연(42%) + stibellite resin(27%) + bismuth subcarbonate(15%) + barium sulfate(15%) + sodium borate(1%)

액체: 유지놀

현재 사용되는 대부분의 산화아연유지놀계 실러는 이 Grossman's formula 원래 조성을 수정한 것이다. 산화아연에 각종 첨가제가 포함된 분말을 유지놀 액과 혼합하여 사용한다. 제품으로는 다음과 같은 것들이 있다. 산화아연유지놀은 다른 종류의 실러의 기저를 이루기도 한다.

ZOE 계열 sealer	국내시판
Pulp Canal Sealer [= Rickett's sealer] (Kerr Manufacturing Co.)	
Procoseal (Star Dental, Conshohoken, PA, USA)	
U/P-Grossman sealer (Sultan Chemists, Englewood, NJ, USA)	Tubli-Seal
Wach's sealer (Sultan Chemists)	Nogenol
Tubli-Seal (Kerr, Sybron endo)	
Endomethasone (Septodont, Saint-Maur, France)	
N2 (Agsa, Locarno, Sweitzerland)	
Roth sealer (Roth Inc., Chicago, IL, USA)	

2) 레진계 실러

a. Epoxy resin sealer

에폭시는 분말-액체형으로 되어 있다. 항균성, 접착성, 긴 작업시간, 혼합의 용이성, 그리고 매우 우수한 폐쇄성을 가진다. 단점으로는 치질 착색성, 용매에서의 낮은 용해성, 경화 전의 독성, 구강액체에 대한 용해성 등이다. AH-26은 epoxy resin이 주성분으로 분말과 액으로 되어

있으며 접착성이 좋고 경화시간이 길며 (36 h~48 h) 폐쇄성도 좋다. 치아에 착색되어 변성을 일으키고 용해성이 있는 것이 단점이다. Hydron은 빨리 경화되는 재료로 core없이 단독으로 충전재로 사용되었으며 근관에 직접 주입해야 하므로 과잉 충전되기 쉽고 치근단 조직에 염증과 하악마비의 증례가 보고된 바 있다. 최근에 도입된 AH Plus는 유사한 물성을 가지나 포름알데히드 방출이 적어서 생체적합성이 더 우수하고 은(silver) 성분이 제거됨으로써 상아질 착색성이 감소된 것으로 보인다. 제품으로는 다음과 같은 것들이 있다.

Epoxy-resin 계열 sealer	국내시판
AH26, AH Plus (Caulk/Dentsply, Tulsa, OK) Epiphany (Pentron, LLC, Wallingford, CT, USA) EndoRez (Ultradent, South Jordan, UT, USA) Endofill (Lee Pharmaceuticals, South El Monte, CA, USA) Diaket (ESPE, Seefeld, Germany) TopSeal, 2-Seal (VDW, Endodontic Synergy, Munchen, Germany)	ADSEAL AH-26 EndoRez

b. Methacrylate resin based sealer

이 계열의 실러는 bondable sealer로 분류되며 따라서 core material과 근관벽을 하나로 결합시켜서 모노블럭을 형성한다. 현재 4세대 제품까지 출시되어 있으며, 4세대 제품의 경우 제품 자체에 대한 정보가 완전히 공개되지 않았고, 많은 연구가 진행중인 상황이다. 2009년에 발표된 Critical Review 논문에 따르면, 현실점에서 이러한 계열의 실러는 뚜렷하게 뛰어난 이점을 지니지는 않은 것으로 보인다³¹.

Methacrylate resin based sealer
Hydron-1세대 (Hydron, Pompano Beach, FL) EndoRez-2세대 (Ultradent, South Jordan, UT, USA) Realseal-3세대 (SybronEndo, Orange, CA/Pentron) Epiphany-3세대 (Pentron, LLC, Wallingford, CT, USA) Fibrefill-3세대 (Pentron, LLC, Wallingford, CT, USA) Realseal SE-4세대 (SybronEndo, Orange, CA/Pentron) Metaseal SE-4세대 (Parkell inc.) Smartseal (DRFP Ltd, Stamford, United Kingdom)

3) 수산화칼슘계 실러

수산화칼슘계 실러는 산화아연유지놀이나 레진 기저에 수산화칼슘을 첨가한 것이다. 이 실러는 근단부에 calcific barrier 형성을 촉진하는 생물학적 성질을 가질 것으로 추측되나 임상적 또는 실험적 연구에서 증명되지

는 못했다. 수산화칼슘계 실러는 항균작용과 함께 단기간의 적절한 폐쇄성을 가진다. 큰 용해성으로 인한 장기간의 안정성과 조직독성에 대해서는 의문이 제기되어 왔다. 제품으로는 다음과 같은 것들이 있다.

Calcium Hydroxide 계열 sealer	국내시판
Sealapex (Kerr/SybronEndo, Orange, CA) CRCS (Coletene/Whaledent/Hygienic; Cuyahoga Falls, OH) Apexit (Vivadent, Germany)	Sealapex

4) 글라스아이오노머계 실러

근관치료용으로 글라스아이오노머계 실러가 도입된 것은 최근이다. 상아질과 접착하는 이 재료는 치경부 및 치관부 폐쇄능이 우수하고 생체적합성을 가지는 것으로 보인다. 그러나 경도가 강하고 용해성이 낮아 재치료 및 포스트 공간 형성에 어려움이 있다. 제품으로는 Ketac-Endo (ESPE) 등이 있다. 글라스아이오노머를 함입시킨 거타퍼차와 글라스 아이오노머계실러를 함께 사용하는 방법도 있다. 현재는 더 이상 판매되지 않는다.

Glass Ionomer 계열 sealer
Ketac-Endo (ESPE AG, Seefeld, Germany)

5) 포름알데하이드 함유 실러

실러의 성분 중 포름알데히드를 포함하고 있는 실러를 말한다. 포름알데히드 성분은 조직에 대해 독성이 매우 강하므로 치근단 조직에 염증을 일으키는 것으로 알려져 있으므로 사용이 추천되지 않는다. 제품으로는 다음과 같은 것들이 있다.

Formaldehyde 함유 sealer
Endomethasone (Septodont, Saint-Maur, France) Riebler's paste (Amubarut; Wera Karl, Biesingen, Germany) N2 (Indrag-Agsa, Bologna, Italy)

6) 클로르퍼차

거타퍼차가 근관에 더 잘 적합하게 할 목적으로 거타퍼차에 클로르포름을 혼합한 것으로 제품으로는 Kloroperka N-Ø (N-ØTherapeutics, Oslo)가 있다.

클로르퍼차 sealer
Kloroperka N-Ø (N-ØTherapeutics, Oslo)

7) 실리콘 기저형 실러

RoekoSeal (Coltene/Whaledent, Langenau, Germany)은 polyvinylsiloxane으로서 경화시 다소 팽창한다고 알려져 있으며 GuttalFlaw (Coltene/Whaledent, Langenau, Germany)는 혼합하여 사용하는 흐름성 재료이다.

Silicone based sealer

RoekoSeal (Coltene/Whaledent, Langenau, Germany)
GuttalFlaw (Coltene/Whaledent, Langenau, Germany)

8) MTA based sealer

MTA based sealer

Endoseal MTA (Maruchi, Japan)
MTA Obtura (Angelus, Londrina PR, Brazil)
ProRoot Endo Sealer (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)
MTA fillapex (MTA-F; Angelus, Londrina, Brazil)
CPM Sealer (EGEO SRL, Buenos Aires, Argentina)

9) Calcium-Silicate-Phosphate based bioceramic sealer

Calcium-Silicate-Phosphate based bioceramic sealer

Endosequence (Brasseler USA, Savannah, GA)
iroot SP (Innovative BioCeramix Inc., Vancouver, Canada)
iroot BP (Innovative BioCeramix Inc., Vancouver, Canada)
Bio aggregate (Innovative BioCeramix Inc., Vancouver, Canada)

10) Calcium phosphate sealer

Calcium phosphate sealer

Capseal I (Sankin Appetite Sealer, Tokyo, Japan)
Capseal II (Sankin Appetite Sealer, Tokyo, Japan)

3. Root canal sealer 비교

Leakage / Solubility

다양한 종류의 실러들의 leakage를 비교하기 위해 많은 실험이 수행되어 왔으며, 대부분은 in vitro dye penetration 방식과 bacterial leakage 방식을 사용하였다. Dye leakage 방식을 이용한 일련의 실험에서 산화아연유지놀 (ZOE), AH-26, Ketac-Endo 실러와 비교할 때, 수산화

칼슘 계열인 Sealapex, CRCS, Apexit은 30일에서 32주간에 걸쳐 leakage에서 특별한 차이를 보이지 않았다¹³⁻¹⁷. 같은 수산화칼슘 계열 실러 안에서도, Apexit은 Sealapex와 Ketac-Endo와 비교시 단기간에서 더 나은 밀폐능력을 보여주는 것으로 보고되었다¹⁸. 하지만 그와 반대로, Apexit은 장기간 (1년)에서는 Diaket (ESPE), AH 26, AH Plus, Ketac-Endo보다 밀폐능력이 떨어지는 것으로 나타났다¹⁹. 최근의 Enterococcus faecalis bacterial leakage 실험에서 Sealapex는 30일 경과 후 85% 투과율, 60일 경과 후 100% 투과율을 나타내었다. 이 결과는 AH 26, Ah Plus, Ketac-Endo를 이용한 실험의 결과와 통계적으로 차이점이 없지만 Sealapex가 100% 투과율을 나타내는 시점이 AH 26보다는 빨랐다²⁰.

leakage는 대부분 실러의 용해율과 실러와 상아질의 결합력 그리고 실러와 거타퍼차의 결합력에 의해 결정된다. 동물 실험에서, Sealapex를 조직면과 접촉시켰을 때 용해가 일어났고 부분적으로 결합조직이 성장하여 용해된 부분을 대체했다. 많은 양의 실러 입자가 샘플로부터 상당부분 떨어져있는 조직의 세포 안에서 발견되었다²¹. 이것은 개의 치아 실험에서, 치근단의 근관 충전재로부터 떨어진 지역에 있는 대식세포의 세포질 내에 결합되지 않은 Sealapex 입자가 존재함을 보고했던 Soares 등의 실험에서도 뒷받침된다²². 또한, Vitapex를 쥐의 피하에 이식한 실험에서도 2주 경과 후 멀리 떨어진 혈관, 뼈, 소화기관 등에서 부분적으로 대식세포의 포식작용에 의해 Vitapex가 발견되었다²³. 이로 미루어 수산화칼슘 계열 실러는 조직에 용해율이 상대적으로 큰 편임을 알 수 있다. Apexit의 용해율을 조사한 다른 실험에서, Apexit의 용해율은 AH Plus와 Tubliseal (SybronEndo, Orange, CA)에 비해 매우 높게 나타났다²⁴.

Sealapex, CRCS, Apexit은 상아질과의 결합력 실험에서 smear layer의 유무와 상관없이 매우 낮은 결합력을 나타내었다²⁵⁻²⁷. 위에서 언급한 수산화칼슘 계열 실러들은 실러-상아질 계면이나 실러-거타퍼차 계면에서보다 실러 내부에서 결합실패가 나타나는 것으로 보고되었다^{28,29}. 적어도 Sealapex에서 만큼은, 실러의 setting quality가 결합실패의 원인인 것으로 생각된다.

1985년 Hovland E 등의 실험에서, 모든 수산화칼슘 계열 실러는 양의 차이가 있을 뿐, 종류에 상관없이 leakage를 나타내었다¹³.

1987년 Madison S 등의 실험에서 이미 methacrylated based resin sealer의 단기간의 밀폐능력은 전통적인 ZOE

계열의 실러를 넘어선 것으로 보인다³². Torabinejad M 등은 1990년의 논문에서 bacterial penetration 방법을 사용하여, Epiphany와 Resilon을 사용할 때 GP와 AH-26을 사용하는 경우보다 매우 낮은 leakage를 나타냄을 보여주었다³³⁻³⁶.

하지만 이러한 우호적인 결과는 40일 미만의 단기간의 실험에서만 얻어진 결과로써 12개월 이상의 장기간 실험 데이터를 포함한 2009년 Kim 등의 review article을 참고하면, 현 단계에서 methacrylate resin-based sealer는 기존의 conventional non-bonding root canal sealer에 비해서 뚜렷한 장점을 보이지 않는 상황이다³⁷.

현재 활발히 연구되고 있는 Calcium silicate-based sealer, MTA-based sealer, Calcium phosphate-based sealer를 통틀어서 Bioceramic-based sealer라고 하며, 2016년 Afaf.Y 등의 review article을 참고하면, 다양한 연구방법의 차이와는 상관없이 Bioceramic-based sealer의 sealing ability는 기존의 상업화된 실러들에 비해 만족할 만큼 우수한 것으로 나타났다. 하지만, 현재로써는 장기간의 sealing ability나 임상적인 결과에 관련된 논문이 부족한 실정이다³⁸.

4. Root canal sealer의 선택에 대한 조언 / 제안

앞서 살펴본 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 모든 종류의 실러는 long-term evaluation에서 leakage를 나타낸다. (단, MTA 실러는 120일 이상의 long-term eval. data가 아직 없으므로 제외함)
2. 몇몇 계열 실러들은 다른 계열의 실러에 비해 30일 이하의 short-term sealing ability가 뛰어나다(하지만, long-term evaluation에서는 이러한 결과가 상반되기도 하며 결과적으로 일정 기간이 지난 후에는 이러한 차이는 무의미하다.).
3. 실러의 종류에 상관없이, 근관충전 후 시간이 지날수록 leakage는 증가한다.

따라서, 중요한 질문은 수산화칼슘 계열 실러의 leakage가 임상적으로 받아들일 수 있을 정도인가 하는 것이다. 앞서 살펴본 논문들에서 수산화칼슘 계열 실러의 leakage는 다른 종류의 실러에 비해서 뛰어나지는 않다는 것을 알 수 있었다. 또한 단기간(30일 미만)의 실험에서 수산화칼슘 계열 실러에 비해 우수한 sealing ability를 나타내었던 실러들도 시간이 지남에 따라 정도의 차이는 있지만 결과적으로 leakage를 발생시켰다(MTA 실러 제외). 이러한 사실에서부터 서두에 언급했던, 다수의 환

자를 대상으로 전통적인 비접착식 근관 실러를 사용하여 성공적인 임상적 결과를 얻었다는 연구^{5,6} 결과를 다시 한 번 되돌아볼 필요성이 발생한다.

근관치료의 성공 여부를 판단할 때, 1년 미만의 기간을 성공으로 판단하는 임상가는 아마 없을 것이다. 또한 앞서 살펴본 결과에서 1년 이상의 기간을 성공적으로 밀폐시킬 수 있는 실러는 없다는 것도 자명하다(MTA 실러 제외). 이러한 사실들로 미루어 근관치료의 성공에 있어서, 실러의 역할은 생각보다 중요하지 않을 수도 있다.

1991년 Donald E. Vire는 근관치료된 치아의 실패원인을 분석한 논문에서 근관치료 후 발치하기까지 1년 이상이 걸린 116건의 케이스를 추적하여, 발치의 원인이 보철문제(59.4%), 치주문제(32%), 근관치료 실패(8.6%) 순이라고 보고했다⁴⁰. 2011년 Babacar Toure 등은 119건의 근관치료 후 발치 케이스를 분석하여 발치의 주된 원인은 dental pain으로 그 원인은 치주문제(40.3%), 보철문제(22.8%), 근관치료 실패(19.3%) 순이라고 보고했다(단, 보철수복이 불가능할 정도의 심한 우식은 보철문제에 포함시킴)⁴¹. 2015 Daniela Landys Boren 등은 330명 환자의 420개 치아를 대상으로 실시한 장기간 생존률 연구에서, 근관치료의 10년 성공률은 81.5%이며, 연구 기간 동안 17.4%의 치아가 발치되었고, 발치의 원인은 Root fracture(36%), 우식(22%), 치주문제(15%), 근관치료 실패(7%) 순이라고 보고했다. 동일 논문에서 특징적으로 언급한 것은 환자의 나이가 어리고, 근관치료 후 곧바로 crown치료가 동반된 경우 상당히 우수한 생존률을 보였다는 사실이다⁴².

근관치료가 완료된 치아의 장기간 성공 및 실패원인을 조사한 일련의 논문들에서 공통적으로 언급되고 있는 사항들은 다음과 같다. 치주적으로 관리가 되지 않은 치아, 근관치료 후 최종 보철 수복까지의 지연, 최종 수복물의 leakage 및 파절, 모든 교두를 감싸는 형태의 최종 수복물을 장착하지 않은 경우 등 근관치료된 치아의 발치를 초래하는 가장 큰 원인은 근관치료 자체의 잘못이 아닌 재감염이 발생했기 때문이라는 것이다^{39,42}.

따라서, 이러한 사실로부터 아래와 같은 결론을 추가적으로 내릴 수 있다.

4. 많은 경우 근관치료의 실패는 다양한 경로에 의한 재감염에 의해 발생한다.
5. 근관치료 완료 후, 교두를 완전 피개하는 형태의 최종 수복물을 최대한 빨리 장착해주는 것이 장기간 근관치료 성공에 중요하다 (단, 수복물 장착에 사용되는 cement의 sealing ability나 core material의 sealing ability에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다.).

성공적인 근관치료를 위한 많은 요소들이 있다. 하지만, 근관치료된 치아의 장기간의 성공이라는 관점에서 여러 임상가, 연구자들이 생각하는 것보다 근관치료 자체의 완전성이 차지하는 비율은 생각보다 작을 수도 있다. 감염원의 철저한 제거, dysinfection, 적절한 shaping & cleaning 등 근관치료의 모든 과정의 중요성은 이루 말할 수 없다. 하지만, 이러한 근관치료의 과정은 현재의 임상가들에 의해서 생각보다 철저히, 잘 이루어지고 있는지도 모른다. 따라서, 근관치료의 전 과정이 적절히 행해졌다는 가정 하에서 실러의 선택이라는 원래의 주제로 다시 돌아가 본다면, 치주적인 문제가 없는 치아의 경우, 근관치료가 이루어진 후 교두를 완전히 피개하는 형태의 최종 수복물이 완전히 장착되기까지의 기간(약 20일 전후) 동안 최상의 bacterial sealing ability를 보이는 실러를 사용하는 것이 옳은 것으로 판단된다.

앞서 살펴본 논문들에서 수산화 칼슘 계열의 실러는 다른 계열에 비해 장기간의 실험에서 용해되는 속도가 상대적으로 빠른 것을 알 수 있었다²⁰. 또한, 조직에 대한 용해율도 크다는 것²¹⁻²⁴, 상아질과의 낮은 결합력²⁵⁻²⁷ 역시 임상적인 사용에 있어서 불리한 점이다. 하지만, MTA를 제외한 모든 실러는 일정 기간이 경과한 후에는 모두 leakage를 나타낸다는 점, 이러한 leakage의 양은 시간이 지남에 따라 지속적으로 증가한다는 점으로 미루어 볼 때, 실러의 선택이 근관치료의 성공여부에 영향을 미치는 것은 근관치료가 완료된 시점부터 최종수복물이 장착되기 전까지 짧은 기간 동안 우리 몸의 정상적인 면역 반응에 의한 완충능력 이내로 bacterial invasion을 얼마나 효과적으로 차단할 수 있는냐로 판단해야 한다고 생각된다. 수산화칼슘 계열 실러의 leakage는 30일 미만의 기간 동안에는 다른 계열 실러에 비해 큰 차이를 보이지 않으며 용해도 또한 큰 차이를 보이지 않는다¹³⁻¹⁷. 서두에서 언급한대로 다수의 환자를 대상으로 전통적인 비접착식 근관 실러를 사용하여 성공적인 임상적 결과를 얻었다는 연구^{5,6}는 바로 이러한 가설을 뒷받침하는 것이라고 볼 수 있다. 이러한 관점에서 수산화칼슘 계열 실러를 사용하는 것은 효과적이고 효율적인 선택으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Grossman L. An improved root canal cement. J Am Dent Assoc

- 1958;56:381-5.
2. Ørstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. Endod Topics 2005;12:25-38.
 3. Ørstavik D, Kerekes K, Erkişen H. Clinical performance of three endodontic sealers. Endod Dent Traumatol 1987;3:178-86.
 4. Grossman L. Obturation of root canal. In: Grossman L, ed. Endodontic Practice. 10th ed. Philadelphia, PA: Lea and Febiger; 1982:297.
 5. Salehrabi R, Rotstein I. Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA: an epidemiological study. J Endod 2004;30:846-50.
 6. Tilshalski KR, Gilbert GH, Boykin MJ, Shelton BJ. Root canal treatment in a population-based adult sample: status of teeth after endodontic treatment. J Endod 2004;30:577-81.
 7. Schäfer E, Zandbiglari T. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. Int Endod J 2003;36:660-9.
 8. Bouillaguet S, Shaw L, Barthelemy J, Krejci I, Wataha JC. Long-term sealing ability of pulp canal sealer, AH-Plus, GuttaFlow and epiphany. Int Endod J 2008;41:219-26.
 9. Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. Endod Dent Traumatol 1994;10:105-108. © Munksgaard, 1994.
 10. 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 1995;28(1):12-8.
 11. Tronstad L, Asbjørnsen K, Døving L, Pedersen I, Eriksen HM. Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. Endod Dent Traumatol 2000;16:218-21.
 12. Ingle JI, Bakland LK. Endodontics. Fifth ed. 2002.
 13. Hovland E, Dumsha T. Leakage evaluation in vitro of the root canal sealer cement Sealapex. Int Endod J 1985;18:179-82.
 14. Jacobsen E, BeGole EA, Vitkus DD, Daniel JC. An evaluation of two newly formulated calcium hydroxide cements: a leakage study. J Endod 1987;12:164-9.
 15. Sleder F, Ludlow M, Bohacek J. Long-term sealing ability of a calcium hydroxide sealer. J Endod 1991;17:541-3.
 16. Barnett F, Trope M, Rooney J, Tronstad L. In vivo sealing ability of calcium hydroxide containing root canal sealers. Endod Dent Traumatol 1989;5:23-6.
 17. Lim K, Tidmarsh B. The sealing ability of Sealapex compared with AH26. J Endod 1986;12:564-6.
 18. Ozata F, Onal B, Erdilek N, Turkun SL. A comparative study of apical leakage of Apexit, Ketac-Endo and Diaket root canal sealers. J Endod 1999;25:603-4.
 19. Miletic I, Ribaric S, Karlovic Z, Jukic S, Bosnjak A, Anic I. Apical leakage of five root canal sealers after one year of storage. J Endod 2002;28:431-2.
 20. Yucel AC, Guler E, Guler AU, Ertas E. Bacterial penetration after obturation with four different root canal sealers. J Endod

- 2006;32:890-3.
21. Tronstad L, Barnett F, Flax M. Solubility and biocompatibility of calcium hydroxide containing root canal sealers. *Endod Dent Traumatol* 1988;4:152-9.
 22. Soarea I, Goldberg F, Massone EJ, Soares IM. Periapical tissue response to two calcium hydroxide containing endodontic sealers. *J Endod* 1990;16:166-9.
 23. Kawakami T, Nakamura C, Hasegawa H, Eda S. Fate of 45-labeled calcium hydroxide in a root canal filling paste embedded in rat subcutaneous tissues. *J Endod* 1987;12:220-3.
 24. McMichen FR, Pearson G, Rahbaran S, Gulabivala K. A comparative study of selected physical properties of five root canal sealers. *Int Endod J* 2003;36:629-35.
 25. Gettleman B, Messer H, El Deeb M. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. *J Endod* 1991;17:15-20.
 26. Lee KW, Williams MC, Camps JJ, Pashley DH. Adhesion of endodontic sealers to dentin and gutta-percha. *J Endod* 2002;28:684-8.
 27. Picoli F, Brugnera-Junior A, Saquy PC, Guerisoli DM, Pecora JD. Effect of Er:YAG laser and EDTAC on the adhesiveness to dentin of different sealers containing calcium hydroxide. *Int Endod J* 2003;36:472-5.
 28. Saleh I, Ruyter I, Haapasalo M, Ørstavik D. The effects of dentin pretreatment on adhesion of root canal sealers. *Int Endod J* 2002;35:859-66.
 29. Wennberg A, Ørstavik D. Adhesion of root canal sealers to bovine dentin and guttapercha. *Int Endod J* 1990;23:13-9.
 30. Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals - a hypothetical or a gangible goal. *J Endod* 2007;33:391-8. doi:10.1016/j.joen.2006.10.009
 31. Kim YK, Grandini S, Ames JM, Gu LS, Kim SK, Pashley DH, et al. Critical Review on Methacrylate Resin-based Root Canal Sealers. *J Endod* 2010;36(3):383-99.
 32. Madison S, Swanson K, Chiles SA. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part II. Sealer types. *J Endod*. 1987;13:109-12. doi: 10.1016/S0099-2399-(87)80175-9
 33. Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod* 1990;16:566-9.
 34. De Bruyne MA, De Moor RJ. Long-term sealing ability of Resilon apical root-end fillings. *Int Endod J* 2009;42:884-92.
 35. Paque' F, Sirtes G. Apical sealing ability of Resilon/Epiphany versus gutta-percha/AH Plus: immediate and 16-months leakage. *Int Endod J* 2007;40:722-9.
 36. Weller RN, Tay KC, Garrett LV, Mai S, Primus CM, Gutmann JL, et al. Microscopic appearance and apical seal of root canals filled with gutta-percha and ProRoot Endo Sealer after immersion in a phosphate-containing fluid. *Int Endod J* 2008;41:977-86.
 37. Kim YK, Jason M. Ames, et al. Critical Review on Methacrylate Resin-based Root Canal Sealers. *J Endod* 2010;36(3):383-99.
 38. Al-Haddad A, Che Ab Aziz ZA. Bioceramic-Based Root Canal Sealers: A Review. *Int J Biomater* 2016;2016:9753210. doi: 10.1155/2016/9753210.
 39. Gilbert SD, Witherspoon DE, Berry CW. Coronal leakage following three obturation techniques. *J Endod* 2001;34: 293-9.
 40. Donald E. Vire. Failure of Endodontically Treated Teeth: Classification and Evaluation. *J Endod* 1991;17:338-42.
 41. Toure B, Faye B, Kane AW, Lo CM, Niang B, Boucher Y. Analysis of Reasons for Extraction of Endodontically Treated Teeth: A Prospective Study. *J Endod* 2011;37:1512-5. doi: 10.1016/j.joen.2011.07.002.
 42. Landys Boren D, Jonasson P, Kvist T. Long-term Survival of Endodontically Treated Teeth at a Public Dental Specialist Clinic. *J Endod* 2015;41:176-81.