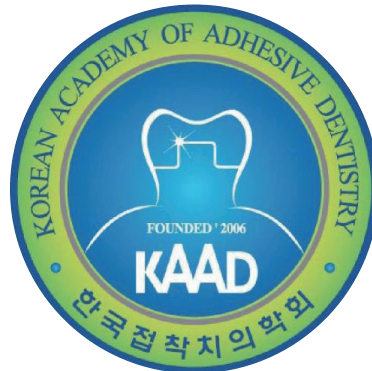


한국접착치의학회지

The Korean Journal of Adhesive Dentistry

2026

Volume 13 Number 2



한국접착치의학회
Korean Academy of Adhesive Dentistry

The Korean Journal of Adhesive Dentistry

Editor-in-Chief

장지현, DDS, MSD, PhD

서울특별시 동대문구 경희대로 26

경희대학교 치과대학 치과보존학교실

전화 02-958-9330

FAX 02-953-9303

E-mail: jangjihyun@khu.ac.kr

Editorial Board

이 상 엽 (가야치과병원)

김 선 영 (서울대학교 치과대학)

곽 영 준 (연세자연치과의원)

이 윤 (전 강릉원주대학교 치과대학)

전 미 정 (강남세브란스 치과병원)

이 명 진 (전북대학교 치과대학)

김 덕 수 (경희대학교 치과대학)

신 유 석 (연세대학교 치과대학)

최 경 규 (경희대학교 치과대학)

박 정 원 (연세대학교 치과대학)

C O N T E N T S

Review Paper

- | | | |
|----|---|---|
| 1 | 상아질 접착 내구성 향상을 위한 전략과 임상 프로토콜 | 최경규 |
| 13 | 균열치에서 근관치료의 예후에 대한 고찰 | Katherine Paola Lara Franco, 이지연, 강영신, 박정원, 신수정 |
| 21 | 전치부 Maryland Bridge의 장기 성공을 위한 세 가지 핵심 조건:
임상 증례와 유한요소해석 기반 고찰 | 이현종 |

Case Reports

- | | | |
|----|---|---------------------|
| 29 | 엔도크라운(Endocrown) 수복: 적응증, 임상 술식 및 증례 고찰 | 이형우 |
| 35 | 의도적 재식술을 이용한 하악 제2대구치 설측 치경부 외흡수의 치료 | 권승경 |
| 43 | Injection molding technique을 이용한 하악 전치부 Black Triangle 수복 | 최은진, 장석우, 권지영 |
| 51 | 자가치아이식술과 직접 복합레진 수복을 이용한 상악 전치부의 심미적 재건 | 정서린, 최유리나, 성건화, 박수정 |
| 57 | 서로 다른 장치를 이용한 상악 및 하악 전치부 복잡 치관-치근 파절의 교정적 정출 | 김상은, 전수진, 서민석 |
| 65 | 상악 전치의 외상성 치경부 외흡수의 MTA 수복 | 김서경 |
| 69 | CAD-CAM index와 Pre-Heated Composite Resin을 이용한 국소적 마모 수복 | 김민석, 장지현 |

The Korean Journal of Adhesive Dentistry

REVIEW PAPER

상아질 접착 내구성 향상을 위한 전략과 임상 프로토콜

Contemporary advances in the durability of dentin bonding

최경규**Kyoung-Kyu Choi**

경희대학교 치과대학 치과보존학교실

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University

초록

The long-term durability of dentin bonding remains a critical challenge in restorative dentistry due to the inherent vulnerability of the dentin-resin interface, particularly the hybrid layer, to physicochemical and biological degradation. Building upon the mechanistic insights into hybrid layer breakdown discussed in the preceding review, this companion review focuses on contemporary strategies aimed at overcoming the limitations of dentin bonding and enhancing bond durability.

This article overview of current evidence-based approaches designed to stabilize the dentin-resin interface and reduce the time-dependent degradation processes. Key strategies discussed in this article include improving adhesive infiltration into demineralized dentin, optimizing moisture control and resin polymerization, protecting the interface from hydrolytic and enzymatic degradation, stabilizing the collagen matrix through chemical and biological modulation, and the adjunctive use of antioxidants. In addition, emerging biomimetic remineralization approaches targeting demineralized collagen substrates and clinically relevant modifications of bonding protocols are critically reviewed.

Key words : dentin bonding, hybrid layer, hydrolytic degradation, adhesion durability, collagen stabilization

서론

상아질 접착은 현대 수복치의학에서 핵심적인 역할을 수행하고 있으며, 접착 기술의 발전은 수복 치료의 범위와 예후를 크게 향상시켜 왔다. 그러나 상

아질-레진 계면, 특히 혼성층은 구조적·화학적 특성 상 구강 환경에서 다양한 내인성 및 외인성 요인의 영향을 받아 시간이 경과함에 따라 열화와 붕괴가 발생하기 쉬운 취약한 영역으로 인식되고 있다. 이에 따라 상아질 접착의 장기적인 내구성을 확보하는 것은 여

Corresponding author: Kyoung-Kyu Choi, DMD, MSD, PhD

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University,
Kyunghedaero26, Dongdaemun-gu, Seoul, Republic of Korea, 02447

E-mail: choikkyu@khu.ac.kr

전히 해결해야 할 중요한 과제이다.

앞선 종설에서는 상아질-레진 계면에서 발생하는 붕괴의 주요 기전과, 혼성층 열화에 관여하는 외인성 요인(술식, 접착제 조성, 구강 환경 등)과 내인성 요인(수분, pH 변화, 내인성 단백질 분해효소, 생물막 등)을 중심으로 상아질 접착 실패의 원인을 체계적으로 고찰하였다. 이를 통해 상아질 접착 실패가 단일 요인에 의해 발생하는 것이 아니라, 물리적·화학적·생물학적 요소가 복합적으로 작용하는 동적 과정을 확인하였다.

본 종설에서는 이러한 상아질-레진 접착계면의 붕괴에 관한 기전적 이해를 바탕으로 상아질 접착의 취약성을 극복하고 결합 내구성을 향상시키기 위한 전략적 접근에 초점을 맞추고자 한다. 교원질 기질의 혼성화 증진, 접착레진의 가수분해 억제와 중합도 향상, 상아질과 접착레진 간의 화학적 결합 강화, 교원질 안정화 및 내인성 효소 억제, 생체모방적 재광화, 그리고 접착 프로토콜의 수정과 최적화 등 다양한 접근법에 관하여 고찰하고자 한다. 상아질 접착 내구성 증진을 위한 전략들을 연구적 근거와 임상적 적용 가능성의 관점에서 통합적으로 고찰함으로써, 보다 예측 가능하고 지속적인 접착 성능을 달성하기 위한 향후 연구 및 임상 적용의 방향성을 제시하고자 한다.

본론

상아질 접착의 내구성 증진을 위한 전략

교원질 분해를 방지하면 혼성층의 완성도가 향상되고, 초기세누출(nanoleakage)이 감소하며, 결합강도 및 내구성을 향상시킬 수 있다. 따라서 교원질 기질의 혼성화를 증진하고, 교원질 기질을 강화하며, 내인성 효소에 의한 분해를 억제하는 것이 매우 중요하다. 전술한 바와 같이, 상아질 또는 접착제로부터 잔류된 수분은 혼성층의 수명에 악영향을 미치는 요소로, 교원질 섬유유 혼성화를 저해하고, 중합 효율을 감소시키며, 교원질 섬유유와 접착레진 모두의 가수분해 분해를 유도한다. 수분은 구강 환경에서 그 영향을 완전히 제거할 수는 없으나, 상아질의 접착 과정에서 수

분을 조절하여 부정적인 영향을 크게 줄이거나 지연시킬 수 있다. 따라서 혼성층의 파괴를 예방하기 위한 전략은 다음과 같은 목표를 지향한다.

- 1) 접착레진에 의한 교원질 섬유유 혼성화 증진
- 2) 접착레진의 가수분해 억제
- 3) 접착레진의 중합도 향상
- 4) 상아질과 접착레진의 화학적 결합 증진
- 5) 상아질 교원질의 강화
- 6) 상아질의 내인성 효소 억제
- 7) 비결합/잔류 수분의 제거

1. 노출된 교원질 구조에 접착제 침투의 증진 improve adhesive infiltration into exposed collagen network of dentin

E&R 모드에서 탈회된 상아질에 접착 레진의 침투가 불완전하면 노출된 교원질 섬유유는 가수분해에 더 취약해지는데, 이러한 현상을 nanoleakage라 부른다. 섬유유 사이에 존재하는 수분(interfibrillar water) 및 섬유유내 교원질과 결합한 수분(intrafibrillar water)을 레진 단량체가 완전히 대체할 수 없기 때문에 완전하고 안정적인 혼성층을 만들기 어렵게 된다. SE 모드 접착 과정에서도 용매(물)이 충분히 건조되지 못하면 유사한 결과가 발생한다. 더불어 이러한 교원질 섬유유 사이의 공간에서 고도로 수화된 proteoglycan hydrogel이 발견되는데, 이들은 Bis-GMA와 같이 분자량이 큰 단량체의 필터 역할을 하며, HEMA와 같은 작은 분자만 혼성층 하방으로 통과시킨다. HEMA는 약한 선형 사슬(linear chain)을 생성하는데, 응력을 받으면 교원질 섬유유의 순환 피로로 인해 쉽게 파괴된다^[1,2].

친수성 단량체 HEMA는 접착제에 포함되어 표면의 젖음성(wettability)을 향상시키고 상분리(phase separation)를 방지한다. 본질적으로 습기가 있고 노출된 교원질 네트워크 내 접착제의 침투를 증진시키며, 이는 초기 결합강도의 향상으로 이어진다고 알려져 있으나 내구성에 있어서 문제가 발생한다^[3,4]. 즉, 타액, 치수 및 세균에서 나오는 esterase enzymes의 작용은 HEMA에 존재하는 ester 결합을 끊어 세포독성을 갖는 친수성 ethylene glycol(EG)과 소수

성 methacrylic acid(MAA)와 같은 부산물을 생성한다 (HEMA+H₂O→EG+MAA)^[5]. 한편, 대부분의 접착제는 친수성 및 소수성 단량체를 동시에 포함하고 있다. 친수성 단량체는 혼성층 내부로 쉽게 침투하는 반면 소수성 단량체는 표면에 남게 되는데, HEMA와 같은 MMA(mono-methacrylate)는 그 자체로 가교될 수 없으며 Bis-GMA와 같은 DMA(di-methacrylate)와 공중합해야만 가교체를 만들 수 있다. 표층이 소수성이기 때문에 광중합 개시제 CQ이 침투하지 않아 혼성층의 가장 깊은 영역에서 중합이 부적절하게 이루어진다^[6].

임상적으로, E&R 모드의 상아질 접착과정에서 과도한 산부식은 교원질 섬유의 과도한 노출을 유발하고 접착레진의 침투를 어렵게 한다. 따라서, 상아질에 대한 인산의 부식시간은 10초 이내로 할 것을 권장한다^[7]. 접착레진의 침투를 용이하게 하기 위하여 접착제를 적용할 때 문질러 주는 동작(agitation)을 추천한다. Microbrush를 이용하여 반복적으로 agitation을 하거나 초음파(sonic agitation)를 이용하면 레진의 침투뿐 아니라 반응을 촉진시켜 결합력을 향상시킬 수 있다^[8]. 이는 1단계 접착제(All-in-one) 및 범용접착제를 사용할 경우 적극 권장되는 방법이다. 특히, 범용접착제를 사용할 때 20초 이상의 agitation은 접착레진이 탈회된 상아질에 충분히 침투될 수 있도록 도와준다^[9,10].

2. 접착레진의 가수분해 억제 Inhibition of hydrolysis of adhesives

친수성 단량체 HEMA를 포함하는 접착시스템은 중합, 기계적 성질, 가수분해 저항성에 취약하다. 이러한 문제를 극복하기 위해 ester기[-COO-]를 amide기[-C(=O)-(N)]로 대체한 acrylamide-based monomers는 소수성을 증가시키고 교원질과 강한 결합을 유도할 수 있다. Aldehyde-based monomer인 FA (4-formylphenyl acrylate)는 교원 섬유와 비가역적 공유결합을 시킬 수 있으며, 광중합이 가능하다. 또한 탈회된 교원질이 내인성 단백질 분해효소에 의해 분해되는 것을 억제한다^[11]. 그러나 FA는 소수성으

로 인하여 교원질 내로 충분히 침투되지 않는다. 이러한 문제를 극복하기 위해 친수성인 Aldehyde-based monomer NVF (N-vinyl formamide)와 같이 사용하여 침투 능력 및 교원질과 화학적 결합(수소 및 공유 결합) 강도를 동시에 증진시킬 수 있다^[12].

접착제에 carboxylic acid-functionalized titanium dioxide, copper, silver, and zinc oxide, zirconia nanoparticles과 같은 필러를 포함시켜 접착층의 물리적 성질을 강화하여 내구성을 증진시킬 수 있다. 강한 혼성층을 형성하면 수분의 침투를 줄여 가수분해를 억제할 수 있으며 protease의 활성을 지연시킬 수 있다^[13]. 강한 물리적 성질과 열/전기적 안정성을 갖는 Nanotubes 역시 접착계면을 강화시키는 필러로 사용할 수 있다. Nanotubes 자체의 능력 보다는 protease inhibitor, 항생제, 미네랄 등과 같은 다양한 화합물을 튜브내에 캡슐화하여 매개/전달체로 사용할 수 있다.

다른 연구에서는 amphiphilic peptides에 관한 것으로, 이 분자는 친수성 말단을 상아질에 결합하고, 소수성 말단을 노출시켜 혼성층의 소수성과 가수분해에 대한 저항성을 증가시킨다^[14]. 레진-상아질 계면을 보호하기 위한 항균 펩타이드와 치아 재광화를 중재할 수 있는 펩타이드를 결합시킬 수 있다^[15].

3. 교원질 안정화 collagen stabilizer

1) 친수성 교원질과 반응하는 단량체 collagen-reactive monomer (CRM)

urethane-based methacrylate와 결합된 isocyanate는 교원질 수용기에 화학적으로 이식(graft)되어 공유결합이 가능하다. CRM에 의해 화학적으로 변형된 교원질은 기계적 성질, 온도 안정성 및 외인성/내인성 효소에 대한 안정성이 향상된다. 결과적으로 보다 강하고 내구성있는 교원질-고분자 혼성층을 기대할 수 있다^[16] (그림 1).

포도씨에서 유래된 proanthocyanidins(PAs)는 교원질에 화학적 친화성이 있고 가교 능력이 뛰어나며 S. mutans에 대한 항균작용과 치수 세포에 재생능력을 향상시킨다. 그러나 radical scavenger로서 광중합이 안되고 항산화 작용이 있

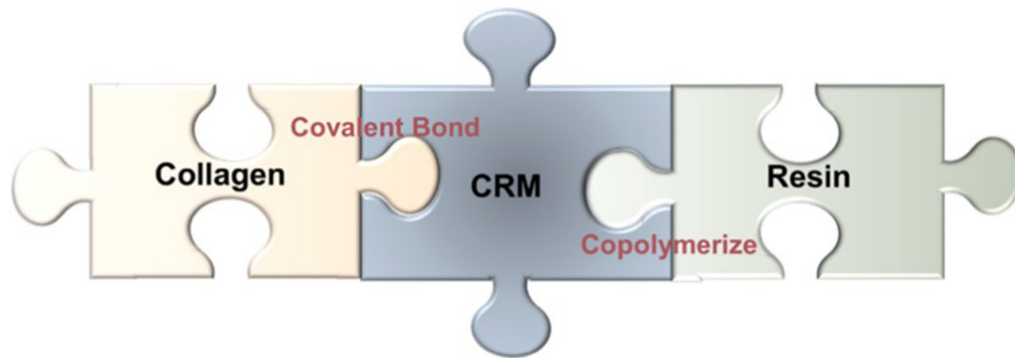


그림 1. collagen-reactive monomer(CRM)은 교원질과 공유결합을 하고 접착레진과 공중합하여 강력한 연결고리 역할을 한다.

어 세척이 필요하다. 따라서 methacrylate(MA)를 첨가한 MAPA(methacrylate-functionalized Proanthocyanidins)는 화학적으로 결합된 교원질-고분자 복합체를 형성하여 교원질 분해를 감소시키고, 생물막 형성을 줄여 우식성 세균의 활성을 억제할 수 있다. 기존 접착제에 5% 정도를 첨가하여 접착층을 안정화시키고 생물막 형성을 감소시킬 수 있으며 복합레진 수복물의 내구성을 증진시킨다^[17].

2) 교원질 가교제 및 내인성 분해효소의 억제

Collagen crosslinkers and Protease inhibitors

Chlorhexidine(CHX) digluconate는 내인성 분해효소 MMP 억제에 자주 사용되는 항균제 중 하나이다. 산부식후 접착제 적용전에 사용되는데, 여러 가지 이점 중에서 CHX는 탈회 또는 정상 상아질에^[18,19] 일정 기간(최소 12주) 결합하여 교원질 섬유를 보호하는 역할을 한다. CHX의 적용 농도는 0.5-5wt.% 정도에서 상아질 결합을 보존하는 것으로 나타났습니다^[20,21]. CHX는 산부식 후 적용하거나 프라이머 용액 또는 접착제에 포함시켜 적용한다. 최근 일부 범용접착제 Peak universal (Ultradent Products), Futurabond U (VOCO)에 포함되어 있다.

Carbodiimide (1-ethyl-3-[3-dimethylamino-propyl] carbodiimide; EDC)는 세포독성이 매우 낮고 다른 가교제보다 뛰어난 생체 적합성을 나타내며, MMP-2, -9에 안정적으로 공유결합을 생성하여 구조를 비활성화할 수 있으며^[22], protease의 억제능력이 있다^[23,24]. 0.5M의 EDC를 산부식 후 또는 접착제에 포

함시켜 적용하면 혼성층을 강화하고 내구성있는 결합을 보이지만, 현재 상용화되어 있지 않다.

Glutaraldehyde를 포함하는 제제는 혼성층내 교원질의 용해를 감소시키고 교원질 섬유층의 응집력을 향상시켜 접착계면의 보존에 기여할 수 있는 것으로 나타났다^[25]. Glutaraldehyde는 가교제 역할을 하여 혼성층을 더 강하게 만드는 특성을 가지고 있다. 산부식 후 적용되면 노출된 교원질 섬유가 강한 공유 결합을 형성하여 기질의 강성을 증가시킬 수 있지만, 상당한 독성으로 인하여 임상 적용에 주의가 필요하다^[26].

Tetracycline, doxycycline, 및 minocycline은 광범위 항생제로서 MMP 억제 능력을 갖는다^[27,28]. MMP의 구조와 기능을 유지하기 위한 필수 이온인 Ca^{+2} 및 Zn^{+2} 를 킬레이트화하여 내인성 protease의 활성을 억제한다^[29,30]. Loguercio et al.^[31]은 산부식 후 15초 동안 2wt.% minocycline 용액을 도포하면 24개월 동안 레진-상아질 계면의 분해를 효과적으로 방지할 수 있다고 보고하였다.

전술한 바와 같이, Doxycycline 역시 강력한 MMP 억제제로서 접착제에 직접 넣을 때 상분리가 발생하므로 나노튜브에 캡슐화 시킨 후 포함시키면 결합강도를 저하시키지 않으면서 MMP-1 활성을 효과적으로 억제할 수 있었다^[32,33].

Benzalkonium chloride(BAC) 및 12-methacryloyloxydodecylpyridinium bromide(MDPB) 같은 4차 암모늄 화합물(Quaternary ammonium compounds, QAC)는 양이온 전하를 사용하여 CHX와 유사한 기전을 통해 MMP의 효소 활성을 억제하는 능력을 보

여준다. QAC는 상아질에 직접 사용되거나 접착제에 포함시켜 MMP 억제뿐 아니라 항균작용을 갖는다^[34]. 상용화된 제품으로는 Uni-Etch(Bisco)는 BAC가 포함된 산부식제이며, Protect Bond(Kuraray)는 MDPB가 포함된 접착제이다.

그 외에도 교원질 가교제에는 riboflavin 5-phosphate, bromelain enzyme, methacrylate-modified chitosan, polyphenols (genipin, epigallocatechin gallate) 등도 단백질 분해효소를 억제하여 상아질의 생분해성을 감소시킬 수 있다. riboflavin 5-phosphate는 광산화(UVA)를 통해 자유 라디칼을 생성하는 가교제로, 교원질 기질의 강성을 개선하고 효과적인 접착레진 침투를 가능하게 하고^[35], bromelain enzyme은 산부식후 노출된 교원질 섬유를 제거하고 상아질의 표면 에너지를 개선하여 레진 침투 및 혼성층 형성을 향상시킨다^[36]. methacrylate-modified chitosan은 교원질 섬유의 정전기 상호 작용(물리적 결합)을 유도하여 레진-상아질 결합을 증가시키는 것으로 밝혀졌다^[37]. 식물(예: genipin, epigallocatechin gallate 등)에서 추출하는 polyphenols은 가교제로서 교원질 섬유와 안정적인 공유 결합을 형성할 수 있어 상아질 결합강도의 증가를 기대할 수 있다^[38,39].

지난 20년간 상아질 접착 내구성 증진을 위하여 MMP 억제를 위한 연구는 지속되었고 많은 장점을 제시하였다. 그러나 대부분의 연구는 실험실(in vitro)에서 진행되었고 소수의 임상 시험 결과만 보고되었으며^[40,41], MMP 억제제의 사용을 권장하거나 부정할 만한 충분한 증거를 제공하지 못하고 있다^[42,43].

4. 항산화제 Antioxidants

레진의 중합과정에서 산소는 라디칼과 반응하여 더 이상의 중합을 억제한다 (oxygen inhibition). 치아에 산화물을 생성하여 레진-접착제 및 복합레진의 중합을 방해할 수 있는 임상 술식에는 NaOCl 처리(근관치료) 또는 과산화수소 제재를 사용한 미백 술식이 있다. 이러한 치아 표면의 산화물을 제거하기 위해서는 프로안토시아니딘(PAs), 노니 주스(Noni), 비타민

C 및 E, Quercetin 등과 같은 항산화제의 사용을 제안한다^[44,45]. NaOCl 처리된 상아질에 적용할 때 산화된 상아질을 복원하여 적절한 결합을 가능하게 하거나 프라이머/레진 접착제에 섞어서 사용할 수 있다. 이러한 제제는 혼성층을 강화하고 분해 생성물과 추가 반응을 통하여 지연 중합반응을 유도할 수 있다. 항산화제의 사용은 접착성 수복물과 산화된 치아 사이의 결합강도를 향상시키고 내구성을 증진시킬 수 있다.

5. 재광화 Remineralization

칼슘/인산나트륨(Bioglass 45S5)과 같은 Bioactive glass(BAG)는 구강액에 용해되어 생물학적 활성을 보이며, 레진시멘트에 포함시킬 때 혼성층에서 이온 용해 생성물을 만들 수 있다^[46]. 탈회된 상아질에 BAG를 적용하면 상아질의 투과도를 낮추고 교원 섬유의 재광화를 유도할 수 있으며^[47], 범용 접착제에 섞어서 적용할 때 상아질 민감증을 감소시킨다^[48]. 또한 미세(nano size) BAG를 포함하는 접착제는 상아질 계면의 물리적 성질과 재광화를 촉진시킨다 (그림 2)^[49]. 이러한 연구에도 불구하고 접착제 성분의 분해로 인해 기계적 성질과 내구성이 저하될 수 있어 향후 연구가 필요하다^[50].

Sauro 등^[51]은 산부식된 상아질을 인단백질 유사체를 함유한 프라이머로 처리한 후 CaP를 함유한 접착제를 적용했을 때, 레진-상아질 계면에서 생체모방(biomimetic) 재광화가 가능하다고 보고하였다. 또한 치아 재광화 과정에 기여할 수 있는 다른 가능성은 불소이다. 이론적으로, 불소 함유 접착제는 접착제 계면에 불소를 지속적으로 방출할 수 있기 때문에 혼성층 재광화를 통해 레진-상아질 계면에 도움이 될 수 있으나, 교원질의 재광화에 필요한 잔류 HAp 결정체 거의 없기 때문에 의문이 제기된다^[52]. Shinohara 등^[53]은 불소 함유 접착제가 물 저장 후 상아질에 대한 결합강도를 증가시키며 산저항 능력을 갖는 영역을 만들 수 있다고 하였으나 이 역시 추가 연구가 필요한 과제이다.

최근 연구에 따르면 CaSi(calcium silicate)는 혼성층의 재광화에 유용한 것으로 보고되고 있다^[54]. 나노

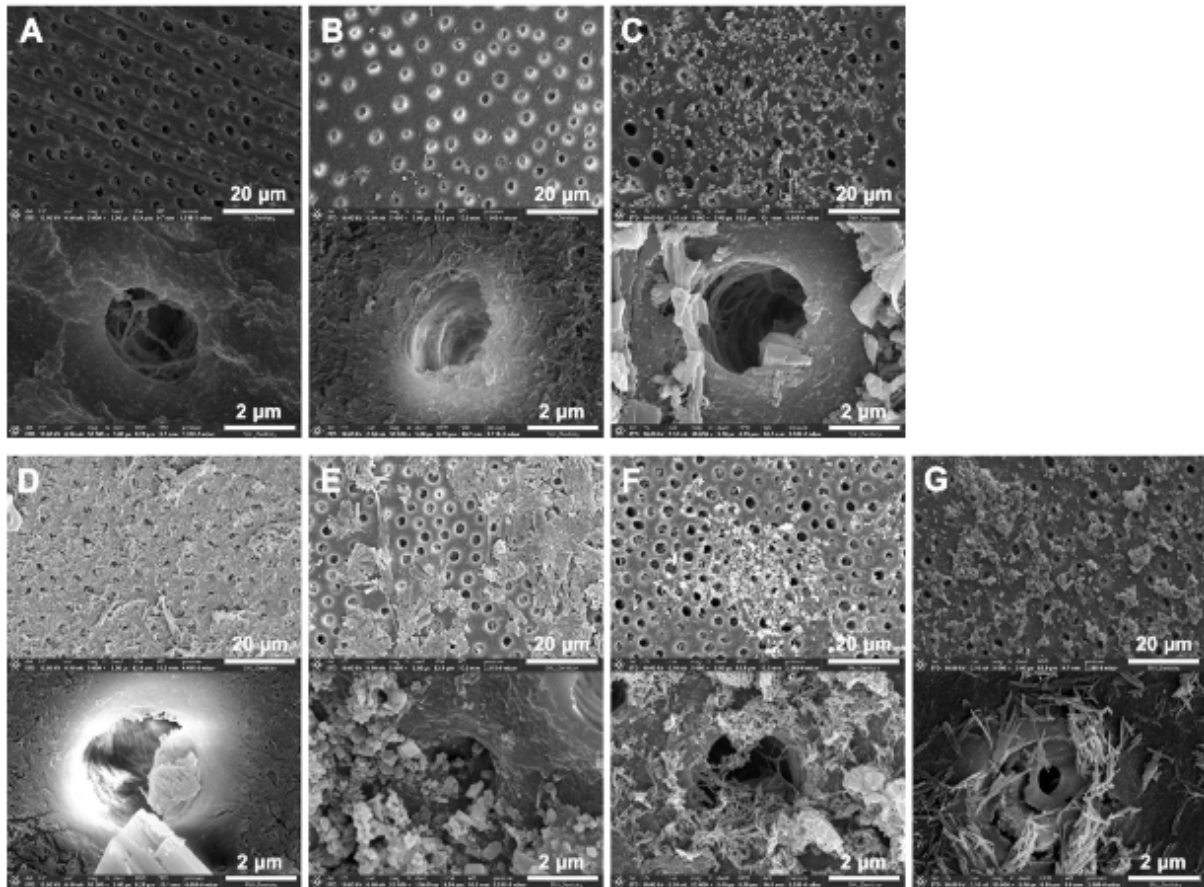


그림 2. 탈회된 상아질에 접착제를 근접시켜 2주간 인공타액에 보관한 후 관찰한 SEM 사진. A는 상아질 접착제만 적용한 경우이며, B-G는 다양한 함량의 BAG를 접착제에 포함시켜 적용했을 때 상아질 표면과 세관주위에 침전물과 결정체가 관찰되었다.

입자의 CaSi를 접착제 도포전 또는 접착제에 포함시켜 적용했을 때 MMP의 활성을 억제하여 교원질 분해를 막고 재광화를 촉진시켜 기계적 성질을 향상시키며 이온(-OH)를 방출하여 알칼리화할 수 있다. 결과적으로 단백질 분해효소의 활성을 억제하여 내구성 있는 혼성층을 만들 수 있음을 시사한다.

이러한 추가적인 재광화 성분의 유익한 효과에도 불구하고 접착제와 같은 저점도 용액에 필러 로딩은 필러의 응집 또는 불균일한 분산으로 인하여 접착제의 강도와 물리적 안정성을 감소시킨다. 일반적으로 접착제에 필러 로딩에 대한 임계값이 존재하며 이는 접착제의 조성과 필러 유형에 따라 결정된다^[55]. 따라서, 기능성 필러/나노입자가 접착제의 물리적 특성을 개선하고 혼성층을 강화하는데 효과가 있지만, 접착제의 안정성에 대한 추가적 연구가 필요하다.

6. 접착제의 적용 방법 Modification of the Bonding Protocol

접착 프로토콜을 수정함으로써 레진-상아질 결합을 유리하게 할 수 있다. 가장 많이 사용하는 방법은 도포된 접착제를 위에 소수성 레진을 도포하고 건조하여 최적의 얇은 접착층을 형성한다. 추가된 소수성 레진이 접착층의 잔류 용매와 미반응 단량체의 농도를 감소시키고 결과적으로 혼성층을 강화하여 내구성을 증진시킬 수 있다^[56,57]. 또한 소수성 레진 코팅은 접착제의 전환율(DC, degree of conversion)을 향상시킨다^[58].

두 번째 방법은 ethanol-wet bonding(EWB) 기술로, 상아질은 10초간 50% 에탄올을 적용한 다음 100% 에탄올을 10초간 적용하여 탈수시키고 가볍게

건조했을 때, 교원질 섬유 사이 공간의 물을 완전히 제거하여 보다 나은 레진 침투가 가능하고 중합율을 향상시켜 레진-상아질 결합이 개선되었다^[59]. 다른 연구에서는 접착 과정 전에 100% 에탄올로 처리한 치근내 상아질에 대한 EWB 기술을 적용했을 때, 근관과 혼성층 수준에 잔류 물의 양을 줄여 레진-상아질 결합을 향상시킬 수 있다^[60].

또 다른 흥미로운 연구^[61]는 산부식 모드에서 접착제 적용 전에 따뜻한 물($50\pm 2^{\circ}\text{C}$)로 상아질을 수세하면 표면의 자유 에너지가 증가하여 접착제의 습윤성과 수지 침투가 증가하고 단량체의 중합 반응도 개선되었으며 혼성층에서 잔류 물이 제거되어 레진-상아질 결합강도가 증가하였다. 이러한 시도는 임상에서 적용하기 비교적 간단한 방법으로 향후 추가적인 연구와 검증이 필요하다.

결론

현재 상용되고 있는 접착제는 레진-상아질 결합면의 초기 강도는 비교적 충분하지만, 수복 후 시간이 경과하면 접착 계면의 붕괴로 인하여 수복물의 실패로 이어지는 일련의 문제가 발생한다. 수복물의 내구성이 저하되는 요인은 다양한데, 이중 상아질 접착과 관련하여 상아질 내로 접착제의 불안정한 침투, 구강 환경에서 내인성 또는 외인성 원인 등에 의하여 혼성층의 파괴가 발생한다. 이러한 문제를 극복하기 위해 다양한 연구와 임상적 도전이 계속되고 있으나, 실험실 연구의 결과는 임상 연구와 연관성은 부족한 것 또한 간과할 수 없다. 상아질 접착의 내구성을 증진시키는 전략은 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 접착레진을 강화하기 위하여 구성성분의 가수분해를 억제하고 중합도를 향상시킨다.

둘째, 탈회된 상아질의 안정성을 증진하기 위하여 교원질을 강화하고 내인성 효소를 억제시킨다.

셋째, 접착제에 의한 교원질 섬유의 혼성화를 증진시키기 위하여 교원질과 접착레진의 화학적 결합을 증진시키고 비결합/잔류 수분을 충분히 제거한다.

넷째, 탈회된 상아질의 재광화를 위하여 생체모방

광화 기술(biomimetic remineralization)을 응용한다.

다섯째, 접착과정에서 다양한 임상 프로토콜을 적용한다.

접착치의학 분야의 지식과 과학은 끊임없이 발전하고 있으며, 이러한 진보는 임상적 응용과 성과 향상으로 지속적으로 이어지고 있다. 본 종설에서는 상아질 접착의 내구성을 향상시키기 위한 다양한 전략과 최신 연구 동향을 소개하였다. 이를 바탕으로, 새로운 개념에 기반한 혁신적인 접착 시스템과 제품의 개발이 앞으로 더욱 기대된다. 접착치의학 분야는 과학적 이해의 확장과 기술적 진보를 바탕으로 꾸준히 발전해 왔으며, 이러한 추세는 임상적 성과의 지속적인 향상을 뒷받침하고 있다. 본 종설에서는 상아질 접착의 내구성을 증진하기 위한 주요 전략들을 고찰하고, 최근 제시된 연구 결과와 그 임상적 의미를 종합적으로 검토하였다. 다양한 접근법 ‘콜라겐 구조의 안정화, 효소 억제, 접착제 성분의 최적화, 나노기술 기반 보강 등’은 접착 시스템의 내구성을 개선하기 위한 유효한 가능성을 보여주고 있다.

현재까지의 증거는 상아질 접착의 실패 요인을 보다 정교하게 이해하고 이를 극복하기 위한 다각적 시도가 필요함을 시사한다. 기초과학적 기전 규명과 임상적 검증을 연결하는 통합적 접근이 더욱 중요해질 것으로 보인다. 이러한 연구 경향은 새로운 개념과 기술에 기반한 혁신적 접착 시스템의 개발을 가속화할 것이며, 결과적으로 보다 예측 가능하고 안정적인 임상적 성과로 이어질 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Bertassoni LE. Dentin on the nanoscale: Hierarchical organization, mechanical behavior and bioinspired engineering. Dent Mater. 2017; 33(6):637-649.
- [2] Fung DT, Wang VM, Laudier DM et al. Subrupture tendon fatigue damage. J Orthop Res. 2009; 27(2):264-273.
- [3] Loguercio AD, Moura SK, Pellizzaro A et al.

- Durability of enamel bonding using two-step self-etch systems on ground and unground enamel. *Oper Dent*. 2008; 33(1):79-88.
- [4] Hashimoto M, Ohno H, Sano H et al. Micromorphological changes in resin-dentin bonds after 1 year of water storage. *J Biomed Mater Res*. 2002; 63B(3):306-311.
- [5] Kostoryz EL, Dharmala K, Ye Q et al. Enzymatic biodegradation of HEMA/bisGMA adhesives formulated with different water content. *J Biomed Mater Res*. 2009; 88B(2):394-401.
- [6] Wang Y, Spencer P, Yao X, Ye Q. Effect of coinitiator and water on the photoreactivity and photopolymerization of HEMA/camphoquinone-based reactant mixtures. *J Biomed Mater Res*. 2006; 78A(4):721-728.
- [7] 정미라, 최기운, 박상혁, 박상진. 산부식형 상아 질 접착제의 접착 내구성에 관한 연구. *대한치과 보존학회지*. 2007; 32:365-76.
- [8] Mohamed M Awad, Feras Alhalabi, Mohamed Bamuqadm, Abdulmalik Alhoti, Abdulilah Almasaad, Ali Robiaan, Ahmed Almahdy, Ali Alrahlah, Mohammed H Ahmed. Adhesive sonic agitation improves bonding durability to class-II cavity preparation. *Odontology*. 2023; 111(2):409-419.
- [9] Thanatvarakorn O, Prasansuttiporn T, Takahashi M, et al. Effect of scrubbing technique with mild self-etching adhesives on dentin bond strengths and nanoleakage expression. *J Adhes Dent*. 2016; 18:197-204.
- [10] Loguercio AD, Raffo J, Bassani F, et al. 24-month clinical evaluation in non-carious cervical lesions of a two-step etch-and-rinse adhesive applied using a rubbing motion. *Clin Oral Investig*. 2011; 15:589-596.
- [11] Yu SY, He X, Tian ZL, Li KX, Chen H, Wang HM, Shi ZS, Zhu S, Cui ZC. Effect of collagen-reactive functional monomer on etch-and-rinse adhesives. *J Dent Res*. 2023; 102(3):287-294.
- [12] Yu SY, He JW, Su JT, Wang XY, Tay FR, and Gu LS. Effects of a Hydrophilic Collagen-Reactive Monomer on Dentin Bond Durability. *J Dent Res*. 2025; 104(7):734-742.
- [13] De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*. 2005; 84:118-32.
- [14] Moussa DG, Fok A, Aparicio C. Hydrophobic and Antimicrobial Dentin: A Peptide-Based 2-Tier Protective System for Dental Resin Composite Restorations. *Acta Biomater*. 2019; 88:251-265.
- [15] Boone K, Camarda K, Spencer P, Tamerler C. Antimicrobial Peptide Similarity and Classification through Rough Set Theory Using Physicochemical Boundaries. *BMC Bioinform*. 2018; 19(1):469.
- [16] Yu F, Xu RC, Huang L, Luo ML, Li J, Tay FR, Niw LN, Chen JH. Isocyanate-terminated urethane-based methacrylate for in situ collagen scaffold modification. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2020; 112:1-10.
- [17] Hass V, Wickerhauser N, Desch N, Li Y, Wang R, Peng Z, Wang Y. Durable Dentin Bonding with Multifunctional Methacrylated Proanthocyanidins. *J Dent Res*. 2025; 104(11):1228-1237.
- [18] Mohammadi Z, Abbott PV. Antimicrobial substantivity of root canal irrigants and medicaments: a review. *Aust Endod J*. 2009; 35:131-9.
- [19] Kim J, Uchiyama T, Carrilho M, Agee KA, Mazzoni A, Breschi L, et al. Chlorhexidine binding to mineralized versus demineralized

- dentin powder. *Dent Mater.* 2010; 26:771-8.
- [20] Campos EA, Correr GM, Leonardi DP, Barato-Filho F, Gonzaga CC, Zielak JC. Chlorhexidine diminishes the loss of bond strength over time under simulated pulpal pressure and thermo-mechanical stressing. *J Dent.* 2009; 37:108-14.
- [21] Zhou J, Tan J, Chen L, Li D, Tan Y. The incorporation of chlorhexidine in a two-step self-etching adhesive preserves dentin bond in vitro. *J Dent.* 2009; 37:807-12.
- [22] Venigalla BS, Jyothi P, Kamishetty S, Reddy S, Cherukupalli RC, Reddy DA. Resin bond strength to water versus ethanol-saturated human dentin pretreated with three different cross-linking agents. *J Conserv Dent.* 2016; 19:555-9.
- [23] Mazzoni A, Apolonio FM, Saboia VP, Santi S, Angeloni V, Checchi V, et al. Carbodiimide inactivation of MMPs and effect on dentin bonding. *J Dent Res.* 2014; 93:263-8.
- [24] Scheffel DL, Hebling J, Scheffel RH, Agee K, Turco G, de Souza Costa CA, et al. Inactivation of matrix-bound matrix metalloproteinases by cross-linking agents in acid-etched dentin. *Oper Dent.* 2014; 39:152-8.
- [25] Lee J, Sabatini C. Glutaraldehyde collagen cross-linking stabilizes resin-dentin interfaces and reduces bond degradation. *Eur J Oral Sci.* 2017; 125:63-71.
- [26] Frassetto A, Breschi L, Turco G, Marchesi G, Di Lenarda R, Tay FR, et al. Mechanisms of degradation of the hybrid layer in adhesive dentistry and therapeutic agents to improve bond durability--A literature review. *Dent Mater.* 2016; 32:e41-53.
- [27] Sulkala M, Wahlgren J, Larmas M, Sorsa T, Teronen O, Salo T, et al. The effects of MMP inhibitors on human salivary MMP activity and caries progression in rats. *J Dent Res.* 2001; 80:1545-9.
- [28] Lauhio A, Salo T, Tjaderhane L, Lahdevirta J, Golub LM, Sorsa T. Tetracyclines in treatment of rheumatoid arthritis. *Lancet.* 1995; 346:645-6.
- [29] Acharya MR, Venitz J, Figg WD, Sparreboom A. Chemically modified tetracyclines as inhibitors of matrix metalloproteinases. *Drug Resist Updat.* 2004; 7:195-208.
- [30] Ryan ME, Greenwald RA, Golub LM. Potential of tetracyclines to modify cartilage breakdown in osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol.* 1996; 8:238-47.
- [31] Loguercio AD, Stanislawczuk R, Malaquias P, Gutierrez MF, Bauer J, Reis A. Effect of minocycline on the durability of dentin bonding produced with etch-and-rinse adhesives. *Oper Dent.* 2016; 41:511-9.
- [32] Osorio R, Yamauti M, Osorio E, Ruiz-Requena ME, Pashley DH, Tay FR, et al. Zinc reduces collagen degradation in demineralized human dentin explants. *J Dent.* 2011; 39:148-53.
- [33] Feitosa SA, Palasuk J, Kamocki K, Geraldini S, Gregory RL, Platt JA, et al. Doxycycline-encapsulated nanotube-modified dentin adhesives. *J Dent Res.* 2014; 93:1270-6.
- [34] Umer D, Yiu CKY, Burrow MF, Niu LN, Tay FR. Effect of a Novel Quaternary Ammonium Silane on Dentin Protease Activities. *J Dent.* 2017; 58:19-27.
- [35] Venigalla BS, Jyothi P, Kamishetty S, Reddy S, Cherukupalli RC, Reddy DA. Resin bond strength to water versus ethanol-saturated human dentin pretreated with three different cross-linking agents. *J Conserv Dent.* 2016; 19:555-9.

- [36] Chauhan K, Basavanna RS, Shivanna V. Effect of bromelain enzyme for dentin deproteinization on bond strength of adhesive system. *J Conserv Dent*. 2015; 18:360-3.
- [37] Diolosa M, Donati I, Turco G, Cadenaro M, Di Lenarda R, Breschi L, et al. Use of methacrylate-modified chitosan to increase the durability of dentine bonding systems. *Biomacromolecules*. 2014; 15:4606-13.
- [38] Bedran-Russo AK, Pashley DH, Agee K, Drummond JL, Miescke KJ. Changes in stiffness of demineralized dentin following application of collagen crosslinkers. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2008; 86:330-4.
- [39] Fang M, Liu R, Xiao Y, Li F, Wang D, Hou R, et al. Biomodification to dentin by a natural crosslinker improved the resin-dentin bonds. *J Dent*. 2012; 40:458-66.
- [40] Sartori N, Stolf SC, Silva SB, et al. Influence of chlorhexidine digluconate on the clinical performance of adhesive restorations: a 3-year follow-up. *J Dent*. 2013; 41:1188-95.
- [41] Favetti M, Schroeder T, Montagner AF, et al. Effectiveness of pretreatment with chlorhexidine in restoration retention: a 36-month follow-up randomized clinical trial. *J Dent*. 2017; 60:44-9.
- [42] Göstemeyer G, Schwendicke F. Inhibition of hybrid layer degradation by cavity pretreatment: meta- and trial sequential analysis. *J Dent*. 2016; 49:14-21.
- [43] Perdigão J, Araujo E, Ramos RQ, Gomes G, Pizzolotto L. Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *J Esthet Restor Dent*. 2021; 33(1):51-68.
- [44] Dikmen B, Gurbuz O, Ozsoy A, Eren MM, Cilingir A, Yucel T. Effect of different antioxidants on the microtensile bond strength of an adhesive system to sodium hypochlorite-treated dentin. *J Adhes Dent*. 2015; 17:499-504.
- [45] Gotti VB, Feitosa VP, Sauro S, Correr-Sobrinho L, Leal FB, Stansbury JW, et al. Effect of antioxidants on the dentin interface bond stability of adhesives exposed to hydrolytic degradation. *J Adhes Dent*. 2015; 17:35-44.
- [46] Osorio R, Yamauti M, Sauro S, Watson TF, Toledano M. Experimental resin cements containing bioactive fillers reduce matrix metalloproteinase-mediated dentin collagen degradation. *J Endod*. 2012; 38:1227-32.
- [47] Kim HJ, Jang JH, Woo SW, Choi KK et al. Effect of Novel Bioactive Glass-Containing Dentin Adhesive on the Permeability of Demineralized Dentin. *Materials (Basel)*, 2021 Sep 19;14(18):5423.
- [48] Kim HJ, Oh SR, Kwon JY, Choi KK, Jang JH, Kim DS. Desensitizing efficacy of a universal dentin adhesive containing mesoporous bioactive glass on dentin hypersensitivity: a randomized clinical trial with a split-mouth model, *Sci Rep*. 2024; 17:14:13926.
- [49] Park IS, Kim HJ, Kwon JY, Kim DS. Comparative In Vitro Study of Sol-Gel-Derived Bioactive Glasses Incorporated into Dentin Adhesives: Effects on Remineralization and Mechanical Properties of Dentin. *J Funct Biomater*. 2025; 16;16(1):29.
- [50] Tjaderhane L, Nascimento FD, Breschi L, Mazzoni A, Tersariol IL, Geraldini S, et al. Strategies to prevent hydrolytic degradation of the hybrid layer-A review. *Dent Mater*. 2013; 29:999-1011.
- [51] Sauro S, Osorio R, Watson TF, Toledano M. Influence of phosphoproteins' biomimetic analogs on remineralization of mineral-

- depleted resin-dentin interfaces created with ion-releasing resin-based systems. *Dent Mater.* 2015; 31:759-77.
- [52] Liu Y, Tjaderhane L, Breschi L, Mazzoni A, Li N, Mao J, et al. Limitations in bonding to dentin and experimental strategies to prevent bond degradation. *J Dent Res.* 2011; 90:953-68.
- [53] Shinohara MS, De Goes MF, Schneider LF, Ferracane JL, Pereira PN, Di Hipolito V, et al. Fluoride-containing adhesive: durability on dentin bonding. *Dent Mater.* 2009; 25:1383-91.
- [54] Damasceno E Souza Chiari M, Maron Vichi F, Iraê Almeida Hummel Pimenta Santos E, Rodrigues de Oliveira F, Honório HM, Nascimento FD, Braga RR. Calcium Silicate Particles: Biological and Mechanical Role in the Hybrid Layer. *J Dent Res.* 2025; 25:220345251336125.
- [55] Leitune VC, Collares FM, Trommer RM, Andrioli DG, Bergmann CP, Samuel SM. The addition of nanostructured hydroxyapatite to an experimental adhesive resin. *J Dent.* 2013; 41:321-7.
- [56] Munoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez I, Szesz AL, Reis A, Loguercio AD, et al. Influence of a hydrophobic resin coating on the bonding efficacy of three universal adhesives. *J Dent.* 2014; 42:595-602.
- [57] Sezinando A, Luque-Martinez I, Munoz MA, Reis A, Loguercio AD, Perdigao J. Influence of a hydrophobic resin coating on the immediate and 6-month dentin bonding of three universal adhesives. *Dent Mater.* 2015; 31:e236-46.
- [58] Perdigao J, Munoz MA, Sezinando A, Luque-Martinez IV, Staichak R, Reis A, et al. Immediate adhesive properties to dentin and enamel of a universal adhesive associated with a hydrophobic resin coat. *Oper Dent.* 2014; 39:489-99.
- [59] Venigalla BS, Jyothi P, Kamishetty S, Reddy S, Cherukupalli RC, Reddy DA. Resin bond strength to water versus ethanol-saturated human dentin pretreated with three different cross-linking agents. *J Conserv Dent.* 2016; 19:555-9.
- [60] Gomes Franca FM, Vaneli RC, Conti Cde M, Basting RT, do Amaral FL, Turssi CP. Effect of chlorhexidine and ethanol application on long-term push-out bond strength of fiber posts to dentin. *J Contemp Dent Pract.* 2015; 16:547-53.
- [61] Malekipour MR, Shirani F, Ebrahimi M. The effect of washing water temperature on resin-dentin micro-shear bond strength. *Dent Res J (Isfahan).* 2016; 13:174-80.

REVIEW PAPER

균열치에서 근관치료의 예후에 대한 고찰

The Prognosis of Root Canal Treatment for Cracked Teeth: A Narrative Review

Katherine Paola Lara Franco*, 이지연, 강영신, 박정원, 신수정
Katherine Paola Lara Franco*, Ji-Yeon Lee, Youngsin Kang,
Jeong-Won Park, Su-Jung Shin

연세대학교 치과대학 치과보존학교실

Department of Conservative Dentistry, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Dentistry

*Avison International Fellow, Yonsei University College of Dentistry

초록

Cracked teeth are clinically important and diagnostically challenging because symptoms are often intermittent and the crack line may not reflect the biological severity of the defect. When irreversible pulpitis, pulp necrosis, or apical periodontitis develops, root canal treatment (RCT) may be indicated as a tooth-preserving procedure; however, prognosis must be established by integrating periodontal, endodontic, structural, and restorative factors. Current evidence does not support extraction solely because a crack is present. Selected cracked teeth treated with RCT generally show favorable short- and medium-term survival, commonly around 85% to 90% or higher, when appropriate case selection, endodontic disinfection, immediate coronal sealing, cuspal coverage, and occlusal management are provided. Long-term data are more conservative, showing progressive decline over 10 to 15 years, particularly when preoperative probing depth is present. Localized periodontal probing depth remains the most consistent prognostic indicator, potentially reflecting bacterial communication through the crack, radicular extension, or localized periodontal breakdown. Classification systems such as the Iowa Staging Index and Modified Iowa Index support structured clinical risk assessment. This review summarizes the prognosis of root canal-treated cracked teeth, identifies major prognostic factors, and discusses implications for treatment planning and long-term management.

Key words : cracked tooth; root canal treatment; prognosis; tooth survival

Review

Cracked teeth represent a diagnostic and

therapeutic challenge in restorative dentistry and endodontics. Diagnosis requires a combined interpretation of patient history, bite testing,

Corresponding author: Su-Jung Shin, DDS, Ph.D

Professor, Department of Conservative Dentistry and Oral Science Research Center,
Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Dentistry, Seoul, South Korea

* Katherine Paola Lara Franco and Ji-Yeon Lee share the first authorship.

E-mail: sujungshin@yuhs.ac

transillumination, magnification, periodontal probing, pulpal diagnosis, periapical findings, occlusal risk, and restorability^[1,2]. The central clinical question is whether the tooth remains biologically treatable and structurally restorable after endodontic and restorative intervention. Historically, cracked teeth requiring RCT were considered to have a guarded prognosis because the crack may act as a pathway for bacterial leakage, pulpal inflammation, periapical disease, and localized periodontal breakdown^[3-6]. However, contemporary studies and systematic reviews support a more nuanced view: RCT can be a predictable tooth preserving option in selected cracked teeth, with favorable short and medium term survival when appropriate case selection and restorative protection are achieved^[7-10]. Deep localized periodontal probing, advanced crack extension, terminal posterior tooth position, preoperative periapical disease, and absence of definitive cuspal coverage have been identified as clinically relevant factors that may reduce prognosis^[4-6,9-12]. Therefore, the purpose of this narrative review was to evaluate the prognosis of root canal-treated cracked teeth, identify major prognostic factors, and discuss the clinical utility of the Iowa Staging Index and Modified Iowa Index in treatment planning and prognosis assessment.

Indications for RCT

A crack should be understood as a chronic structural defect rather than a static line. In vital cracked teeth, the earliest biological goal is to stabilize the tooth before cuspal flexure and bacterial leakage drive pulpal breakdown. Wu et al. followed 199 vital cracked teeth and reported that 58 developed pulpal complications, while most

remained vital during follow-up^[13]. This supports a conservative but active approach: early diagnosis, crack stabilization, cuspal coverage when indicated, occlusal management, and recall may prevent or delay progression to endodontic disease. RCT is indicated when the crack has produced irreversible biological consequences, including symptomatic irreversible pulpitis, pulp necrosis, retreatment cases, or apical periodontitis in a restorable tooth. A vital tooth with reversible symptoms and no evidence of advanced disease may initially be managed with stabilization and monitoring^[1,2,13]. Before RCT is initiated, however, the clinician must confirm that the tooth can be isolated, disinfected, sealed, restored, and protected. Teeth with complete separation of segments, nonrestorable margins, progressive localized bone loss, or a split-tooth pattern usually have a poor prognosis and may be better managed by extraction.

Prognostic Factors

Periodontal probing depth (PPD) is the most consistent prognostic factor reported for endodontically treated cracked teeth. A narrow, isolated probing defect adjacent to a crack should not be interpreted as ordinary generalized periodontal disease. Rather, it may indicate a communication pathway from the oral cavity through the crack to the periodontal attachment, allowing bacterial colonization, localized inflammation, epithelial down growth, and attachment loss. Kang reported approximately 90% in 2-year survival after RCT overall, but survival decreased from 96.8% in teeth with probing depths less than 6 mm to 74.1% when probing exceeded 6 mm⁵. Long-term data similarly identified preoperative probing depth as the primary

statistically significant factor for survival, with increased extraction risk for teeth with 4-5 mm or at least 6 mm probing defects^[12]. Crack extension is also critical. A coronal crack confined to enamel and dentin has a different prognosis from a crack reaching the pulpal floor, canal orifice, root canal space, or radicular surface. Sim et al. reported 5-year survival in 77 of 84 endodontically treated posterior cracked teeth, with lower survival when the crack invaded the pulpal floor: 99% without invasion versus 88% with invasion^[6]. Radicular extension has traditionally been considered unfavorable; however, Davis and Shariff reported high survival in selected cracked teeth with radicular extensions when strict protocols were used, including intra-orifice barrier placement, occlusal reduction, and full-coverage restoration^[14]. Thus, radicular extension is not automatically

hopeless, but it must be interpreted together with PPD, periodontal stability, restorability, and the ability to seal and protect the tooth. Pulpal and periapical status represent the biological stage of the disease. Teeth with irreversible pulpitis but no periapical pathosis may have a more favorable prognosis than teeth with necrosis and apical periodontitis, particularly when periodontal probing is also present^[3,7]. Tooth position further modifies risk. Tan et al. reported 85.5% in 2-year survival for root-filled cracked teeth, but terminal posterior teeth showed less favorable outcomes^[4]. Terminal molars experience high occlusal loads, difficult isolation, limited access, and significant restorative challenges. Finally, definitive restoration is central because RCT eliminates pulpal infection but does not eliminate the crack. Full-crown or cuspal-coverage restorations reduce cuspal flexure,

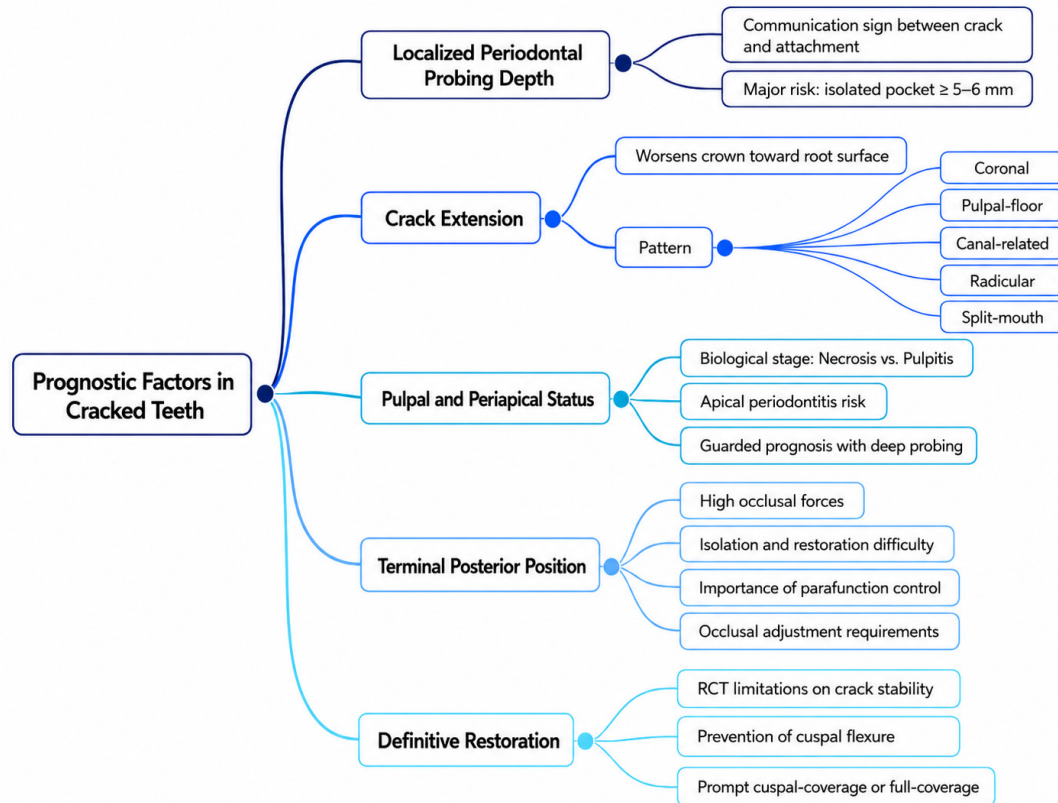


Table 1. Conceptual summary of prognostic factors associated with cracked teeth requiring root canal treatment.^[7,9]

limit crack propagation, and improve coronal seal. Zhang reported that cracked teeth treated with RCT but not restored with full crowns had an 11.3-fold higher risk of extraction^[9]. Prognostic factors are summarized in Table 1.

Classification and Index Systems

Prognostic classification systems help transform separate clinical findings into a structured treatment recommendation. The original Iowa Staging Index, proposed by Krell and Caplan, incorporated periodontal pocket depth, distal marginal ridge involvement, and periapical diagnosis^[3]. Its value is that prognosis is no longer based on a subjective description of a crack line but on biologically meaningful variables. The Modified Iowa Index further refines this approach by incorporating crack extension and by subdividing stages according to whether the crack remains coronal or extends radicularly (detailed in Table 1)^[10]. In a retrospective cohort of 263 posterior cracked teeth treated with RCT, reported overall success and survival rates of 82.9% and 89.7%, respectively, with a mean follow-up of 40.3 months; estimated survival was 99.2% at 2 years and 78.6% at 5 years. It emphasized that the combination of radicular extension and a periodontal pocket Type equation here. ≥ 5 mm represented a high-risk profile, especially Stage IV-R, which showed substantially poorer outcomes^[10]. For the present review, the Modified Iowa Index is especially relevant because it links the exact clinical concern in advanced cracked teeth - root extension of an intracoronal crack with prognosis and decision making.

Clinical Outcomes of RCT-treated Cracked Teeth

Outcome data should be interpreted across time horizons and by distinguishing survival from success. Survival means that the tooth remains present and functional; success requires absence of symptoms, periodontal deterioration, and radiographic disease. Short-term studies and meta-analyses support RCT as a viable treatment for selected cracked teeth. Olivieri et al. reported pooled 1-year survival of 88% and success of 82%^[7], whereas Zhang et al. reported tooth survival rates of approximately 90.5% to 91.1% for cracked teeth treated with RCT at 1 to 2 years^[9]. Medium-term data remain favorable but show a growing influence of case selection. Collectively, several studies demonstrate that survival around 80% to 90% is achievable when teeth are restorable, periodontal probing is favorable, and definitive restoration is performed^[4-6,8,10,14]. Long-term evidence requires more conservative patient communication. Chan et al. analyzed 204 endodontically treated cracked teeth and reported survival of 66% at 10 years and 55% at 15 years, while success declined from 64% to 37%^[12]. These findings do not argue against RCT; rather, they show that cracked teeth require realistic prognosis, long-term recall, and maintenance as chronic structural conditions. These findings suggest that when a cracked tooth is diagnosed at an early stage and endodontic treatment is promptly initiated, the long-term prognosis does not appear to be significantly compromised compared to that of routine root canal treatment.

Clinical decision making begins with comprehensive diagnosis: visual inspection, magnification, transillumination, bite testing, periodontal probing, pulpal testing, and periapical

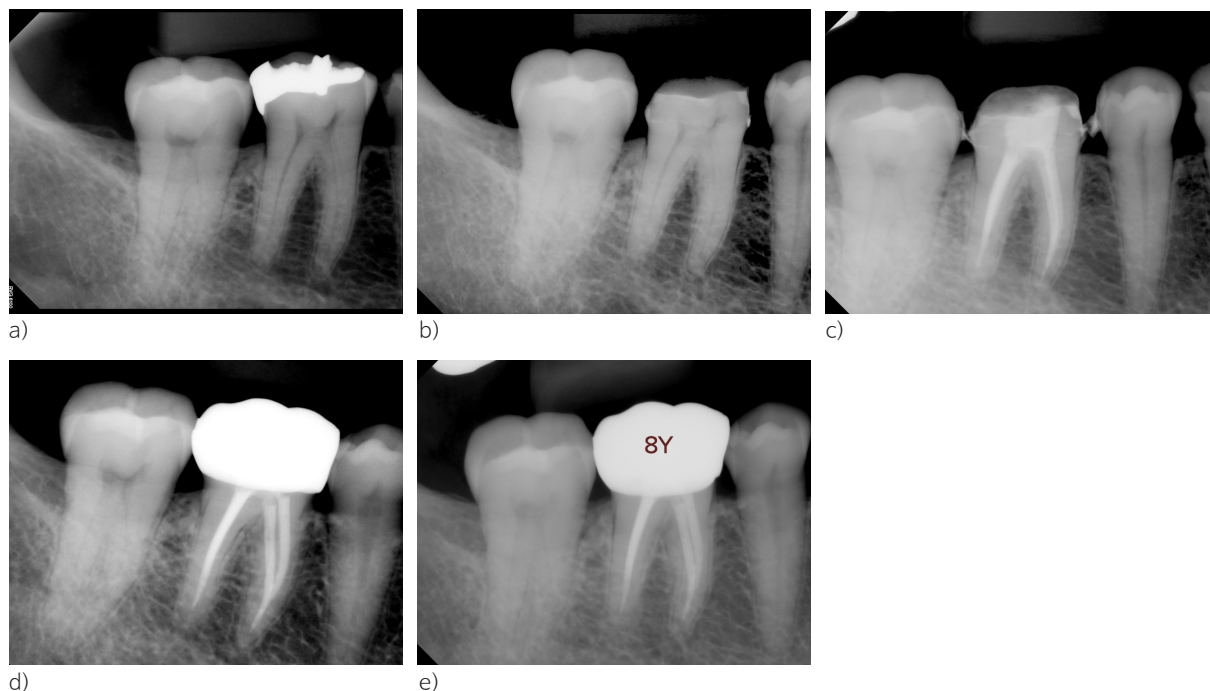


Figure 1. An 8-year recall of a cracked tooth treated endodontically. (a) A 45-year-old female patient presented to our institution with a chief complaint of pain upon chewing on the right side. The right mandibular first molar was diagnosed as a cracked tooth with reversible pulpitis and a normal periapex. (b - d) As pain persisted following crown preparation, root canal treatment was performed. (e) At the 8-year recall, the patient was asymptomatic.

assessment. The first threshold is restorability; teeth with complete splits, mobile segments, nonrestorable margins, or progressive bone loss should be considered for extraction. The second threshold is periodontal communication: an isolated deep pocket contiguous with the crack, particularly $\geq 5\text{-}6$ mm, shifts the prognosis toward guarded or poor, especially with radicular extension^[5,10,12]. When the tooth is restorable and periodontal findings are favorable, pulpal diagnosis guides treatment. Vital teeth with reversible symptoms may be stabilized with provisional bracing or cuspal coverage and monitored. Teeth with irreversible pulpitis, necrosis, or apical periodontitis require RCT if isolation, disinfection, and coronal sealing are feasible. Post-RCT management should include occlusal load reduction when indicated, intra-orifice

barrier placement in high-risk cases, prompt cuspal-coverage restoration, and regular recall to monitor symptoms, probing depths, and periapical status^[9-11,14].

The main message of the literature is that prognosis should be factor-based rather than crack-based. A crack alone is not an indication for extraction; many cracked teeth requiring RCT can be retained when diagnosis is early, periodontal probing is favorable, the tooth is restorable, and definitive coronal protection is provided (Fig2). However, treatment should not be indiscriminate. Deep localized probing, radicular extension with periodontal breakdown, periapical disease, terminal molar loading, multiple crack lines, parafunctional habits, and inadequate coronal coverage may reduce predictability. The Modified Iowa Index is clinically useful because it

organizes crack-related findings into a staged risk profile: radicular extension alone is not necessarily hopeless, but radicular extension combined with a periodontal pocket represents a distinctly higher-risk condition. Clinicians should explain to patients that RCT treats pulpal infection or inflammation but does not eliminate the structural defect itself.

Conclusion

Root canal treatment for cracked teeth should not be considered hopeless solely because a crack is present. Current evidence supports RCT as a viable tooth-preserving option for selected cracked teeth when accurate diagnosis, favorable periodontal probing, controllable crack extension, adequate restorability, immediate coronal sealing, cuspal coverage, occlusal management, and long-term recall are provided. Periodontal probing depth remains the most consistent prognostic indicator and should be assessed carefully before treatment. The Iowa Staging Index and Modified Iowa Index offer practical frameworks for translating clinical findings into prognosis, especially when crack extension and periodontal pocketing are present. In clinical practice, cracked teeth should be managed as chronic structural conditions requiring coordinated endodontic-restorative treatment rather than as isolated endodontic lesions.

References

- [1] Kim SY. Predictable management of the cracked tooth. *Restor Dent Endod*. 2016;41(1):79. doi:10.5395/rde.2016.41.1.79.
- [2] Han K, Jung IY. Diagnosis, treatment, and prognosis of cracked tooth. *Endod Dent Rehabil*. 2026;27(1):4-11.
- [3] Krell KV, Caplan DJ. 12-month success of cracked teeth treated with orthograde root canal treatment. *J Endod*. 2018;44(4):543-548. DOI: 10.1016/j.joen.2017.12.025
- [4] Tan L, Chen NN, Poon CY, Wong HB. Survival of root filled cracked teeth in a tertiary institution. *Int Endod J*. 2006;39(11):886-889. doi:10.1111/j.1365-2591.2006.01165.x.
- [5] Kang SH, Kim BS, Kim Y. Cracked teeth: distribution, characteristics, and survival after root canal treatment. *J Endod*. 2016;42(4):557-562. doi:10.1016/j.joen.2016.01.014.
- [6] Sim IG, Lim TS, Krishnaswamy G, Chen NN. Decision making for retention of endodontically treated posterior cracked teeth: a 5-year follow-up study. *J Endod*. 2016;42(2):225-229. doi:10.1016/j.joen.2015.11.011.
- [7] Olivieri JG, Elmsmari F, Miro Q, Ruiz XF, Krell KV, Garcia-Font M, et al. Outcome and survival of endodontically treated cracked posterior permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*. 2020;46(4):455-463. doi:10.1016/j.joen.2020.01.006.
- [8] Leong DJX, de Souza NN, Sultana R, Yap AU. Outcomes of endodontically treated cracked teeth: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*. 2020;24(1):465-473. doi:10.1007/s00784-019-03139-w.
- [9] Zhang S, Xu Y, Ma Y, Zhao W, Jin X, Fu B. The treatment outcomes of cracked teeth: a systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2024;142:104843. doi:10.1016/j.jdent.2024.104843.
- [10] Wongkornchaowalit N, Soontornkiat T, Krongbarammee T, Lertpimonchai A, Krell KV. Treatment outcomes and prognostic

- analysis of root canal-treated posterior cracked teeth: the Modified Iowa Index. *J Endod.* 2026;52(1):79-88. doi:10.1016/j.joen.2025.08.012.
- [11] Toubes KMS, Soares CJ, Soares RV, Cortes MIS, Tonelli SQ, Bruzinga FFB, et al. The correlation of crack lines and definitive restorations with the survival and success rates of cracked teeth: a long-term retrospective clinical study. *J Endod.* 2022;48(2):190-199. doi:10.1016/j.joen.2021.10.009.
- [12] Chan PY, Seet RF, Saffari SE, Zhan SJ, Chen NN. Survival of endodontically treated cracked teeth: a 10- to 15-year retrospective study. *J Endod.* 2026;52(3):376-386.e2. doi:10.1016/j.joen.2025.11.010.
- [13] Wu S, Lew HP, Chen NN. Incidence of pulpal complications after diagnosis of vital cracked teeth. *J Endod.* 2019;45(5):521-525. doi:10.1016/j.joen.2019.02.003.
- [14] Davis MC, Shariff SS. Success and survival of endodontically treated cracked teeth with radicular extensions: a 2- to 4-year prospective cohort. *J Endod.* 2019;45(7):848-855. doi:10.1016/j.joen.2019.03.015.

REVIEW PAPER

전치부 Maryland Bridge의 장기 성공을 위한 세 가지 핵심 조건: 임상 증례와 유한요소해석 기반 고찰

Three Key Conditions for Long-Term Success of Anterior Maryland Bridges: A Case Report and Finite Element Analysis

이현종

Hyeonjong Lee

연세대학교 치과대학 보철과학교실

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University

초록

Cantilever resin-bonded fixed dental prostheses (RBFDPs), particularly the single-wing Maryland bridge, have re-emerged as a clinically viable option for replacing missing anterior teeth in the era of minimally invasive dentistry. However, long-term success requires careful attention to the biomechanical interplay between abutment mobility, connector design, and adhesive protocol. This report addresses the single-wing design rationale in two complementary parts. First, a clinical case of a maxillary lateral incisor pontic restored with a zirconia single-wing Maryland bridge is presented, including the tooth-preparation strategy, prosthesis design, and adhesive protocol. Second, a separate three-dimensional finite element analysis (FEA) of a simplified mandibular central incisor pontic model under an oblique 200 N occlusal load compared three design configurations: (1) one-wing cantilever, (2) two-wing fixed-fixed, and (3) two-wing with differential abutment mobility simulated by an increased periodontal ligament width at the lateral incisor abutment. In the FEA, the single-wing design produced negligible cement-interface stress under abutment loading and was least sensitive to differential abutment mobility, minimizing the risk of asymmetric debonding from physiologic periodontal ligament (PDL) mobility differences between abutments. Integrating clinical and biomechanical evidence, three key conditions are proposed for long-term success of anterior Maryland bridges: (i) preference for a single-wing cantilever design, (ii) placement of the connector away from the cervical margin to protect the adhesive interface, and (iii) strict adherence to a zirconia-bonding protocol incorporating airborne-particle abrasion and a 10-MDP-containing adhesive system. Adherence to these principles supports a predictable, minimally invasive alternative to implant-supported or conventional fixed restorations in the anterior region.

Key words : Maryland bridge, Resin-bonded fixed dental prosthesis, Cantilever, Finite element analysis, Adhesive dentistry, Minimally invasive prosthodontics

Corresponding author: Hyeonjong Lee, DMD, MSD, PhD

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Yonsei University,
50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, Republic of Korea, 03722

E-mail: prosthohjlee@yuhs.ac

서론

전치부 단일 치아 결손은 환자에게 심미적·기능적 부담이 큰 임상 상황이다. 임플란트가 우선적으로 고려되는 경우가 많으나, 성장이 끝나지 않은 환자, 협소한 치조골 폭, 인접치의 외상성 손상 위험 또는 환자가 외과적 처치를 기피하는 경우에는 보다 보존적인 대안이 요구된다.

이 가운데 접착성 고정성 보철물(resin-bonded fixed dental prosthesis, RBFDP), 즉 Maryland bridge는 최소 침습 보철의 대표적 선택지이다. 1970년대 도입 이후 두 개의 wing을 가진 fixed-fixed 형태가 표준으로 사용되어 왔으나, 양측 wing을 사용할 경우 두 지대치의 동요도 차이로 인해 비대칭적 debonding이 발생한다는 임상적 한계가 보고되어 왔다^[1,2]. 또한 양측 wing의 fixed-fixed 형태는 단일 wing 형태에 비해 장기 합병증 발생률이 높다는 체계적 문헌 고찰 결과도 보고되었다^[3].

최근 Kern 등은 zirconia one wing(single-retained) cantilever RBFDP의 10년 추적 연구에서 success rate 92.0%, survival rate 98.2%를 보고하였으며^[4], Sailer 등의 6년 추적^[5] 및 Sasse와 Kern의 5년 추적^[6] 결과 또한 일관되게 높은 임상 성공률을 나타내었다. 이러한 결과를 바탕으로 단일 wing 디자인은 양측 wing 형태에 비해 우월하거나 동등한 임상 성과를 보이는 표준적 대안으로 다시 주목받고 있다. 그러나 이 디자인을 안정적으로 적용하기 위해서는 단순한 wing 개수의 선택을 넘어, connector의 위치, margin 보호, 접착 계면의 신뢰성에 이르는 통합적 이해가 요구된다.

이번 보고에서는 전치부 Maryland bridge로 수복한 임상 증례를 보고하며, 별도로 단순화한 하악 전치부 모델에 대해 200 N의 사선 교합력을 적용한 3차원 유한요소해석(finite element analysis, FEA) 결과를 통해 디자인별 응력 분포를 비교하였다. 이를 바탕으로 임상에서 전치부 Maryland bridge를 장기적으로 유지하기 위해 반드시 고려해야 할 세 가지 핵심 고려사항 ① 단일 wing 디자인의 우선 선택, ② Margin의 connector 회피 위치 설정, ③ zirconia 접착 프로토

콜 준수에 대해 논의하고자 한다.

증례

1. 환자 정보 및 임상 소견

60대 남성 환자가 치주적 원인으로 결손된 상악 좌측 측절치(#22) 부위의 보철적 수복을 주소로 본과에 내원하였다. 인접치인 #21과 #23은 우식이나 수복물이 없는 건전한 자연치였으며, 치조골은 결손 부위에서 순설측 골폭이 협소하였다. 환자는 수술적 임플란트 식립을 원하지 않았으며, 인접치를 광범위하게 삭제하는 통상적인 고정성 보철에 대한 부담감을 가지고 있었다. 이에 따라 zirconia one wing Maryland bridge를 치료 대안으로 선택하였다 (그림 1).



그림 1. 초진 시 임상 및 방사선 사진. #22 결손과 인접치의 건전한 상태가 관찰됨.

2. 치아형성, 디자인 결정 및 보철물 제작

지대치는 상악 좌측 견치로 선정하였으며, 국소 마취를 시행하지 않고 enamel 한도 내에서 치아 형성을 시행하였다. Wing의 margin을 위한 경계 형성을 위해 diamond coarse bur로 경계를 형성하였다. 설측 원심 경계는 견치의 원심설측 융선을 침범하지 않도록 연장시켰으며, 근심 경계는 근심 순측 이행부 수준으로 위치시켰다. 치은측으로는 치은경계 상방 0~0.5 mm에 위치시켰으며, 전반적인 디자인은 그림 2에 나와있다. 설측은 전반적으로 0.3 mm 수

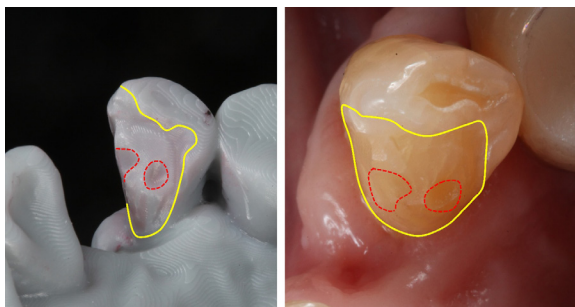


그림 2. 노란 선은 wing의 margin이며, 붉은 점선은 설측 결절부와 근심 설측 융선의 오목한 치아 형성부위를 나타낸다.

준의 concavity를 enamel 상에서 형성하였으며, 이는 wing의 두께에 의한 설측 over contour를 최소화하기 위함이다. 설측 결절부위에 round bur로 오목한 추가 삭제를 주었으며, connector의 두께 보강을 위해 근심 설측 enamel ridge부위를 삭제하여 수복물 공간을 확보하였다. Connector를 cervical 및 근심 margin에서 의도적으로 이격시켜, 외부 교합력에 의한 응력이 접착 계면 변연부로 직접 전달되지 않도록 디자인하였다^[7-9]. Wing의 두께는 0.7 mm 이상, proximal connector는 최소 6 mm² 이상의 단면적을 가지도록 설계하였다^[4].

보철물의 구조물(framework)은 3Y-TZP zirconia(LUXEN Zr, DentalMax, Cheonan, Korea)를 milling한 후 제조사 지시에 따라 sintering하였다. 전치부 심미성 확보를 위해 pontic의 순측 및 절단연 부위에는 도재(VITA VM9, VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany)를 축성하였다. 색조 재현을 위해 일차적으로 staining을 시행한 뒤, 구강내 시적으로 색조를 확인하고 추가 staining을 시행하였다(그림 3). Cementation 전 wing 내면은 50 μ m Al₂O₃ airborne-particle abrasion(0.1 MPa, 10-15초)을 적용하고, steam blasting 및 air dry로 건조하였다.

3. 합착 술식

보철물의 접착부 내면은 universal adhesive (Scotchbond Universal Adhesive, 3M, St. Paul, MN, USA)를 도포 후 air dry를 시행하였다. 치아면은 enamel에 한해 37% 인산 에칭(15초)을 시행하였

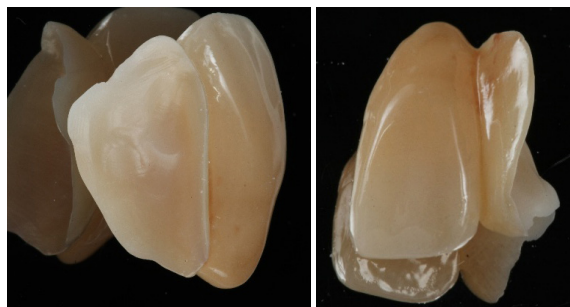


그림 3. 완성된 One wing Maryland bridge. 좌) Sandblasting 된 wing의 내면. 우) 최종 staining 이후 수복물.



그림 4. 좌) 수복물 시적 (wing 부분 staining 처리 전). 우) Staining 완료 후 수복물 cementation

고, universal adhesive를 도포 후 광중합하였다. 이후 Cement는 dual-cure resin cement (RelyX Ultimate, 3M, Seefeld, Germany)를 사용하였으며, 적용 직후 finger pressure로 안정시킨 뒤 인접면에서 잉여 cement를 제거하고 60초간 광중합을 시행하였다. 최종적으로 교합 조정을 통해 protrusive 및 lateral excursion에서 contact를 부여하지 않도록 하였다(그림 4). 환자는 심미적 결과에 만족하였고, 발음 및 저작 시 불편감은 호소하지 않았다.

4. One wing and two wing Maryland bridge의 유한요소해석(FEA) 모델

Maryland bridge의 해부학적 조건을 단순화하여 3차원 유한요소모델을 구성하였다(그림 5). 하악 중절치(#41)가 결손되었다고 가정하여 pontic을 형성하고, 다음의 세 가지 디자인을 비교하였다: ① #31에 단일 wing을 접착하는 one-wing cantilever 디자인, ② #31과 #42 양측에 wing을 접착하는 two-wing 디자인, ③ #31은 정상이고 #42 주위 PDL 폭을 증가시켜 지대치 간 동요도 차이를 부여한 two-wing differential mobility 디자인. 10 200 N 크기의 사선 교합력(설측 30°)을 pontic의 절단연에 적용하였다.

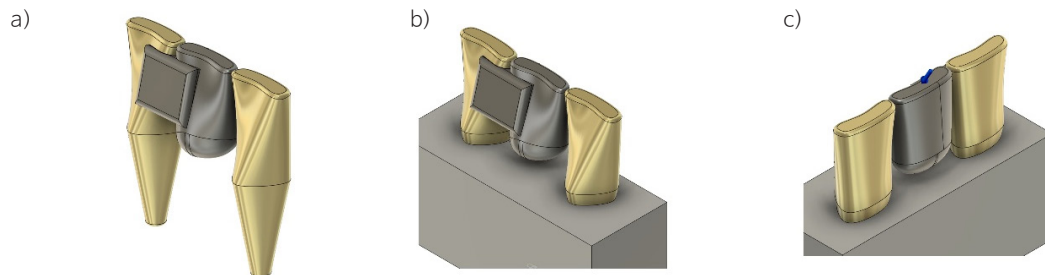


그림 5. 3차원 유한요소해석(FEA) 모델 구성. (A) One-wing Cantilever Maryland Bridge 모델, (B) 치조골 블록을 포함한 전체 모델의 설측 방향 뷰, (C) Pontic 절단면에 설측 30도 교합력 적용 (화살표)

재료 물성은 zirconia(elastic modulus 200 GPa, Poisson's ratio 0.31), enamel(84 GPa, 0.30), dentin(18.6 GPa, 0.31), resin cement(7 GPa, 0.30), cortical bone(13.7 GPa, 0.30), cancellous bone(1.37 GPa, 0.30)로 부여하였으며, 치주인대(periodontal ligament, PDL)는 두께 0.25 mm의 균일층으로 가정하여 50 MPa, 0.45로 모델링하였다. 모든 재료는 등방성·선형 탄성으로 가정하였고, 모든 계면은 fully bonded contact으로 단순화하였으며, 응력 출력 지표는 cement layer의 maximum principal stress와 wing 내면의 von Mises stress를 사용하였다. 각 하중 시나리오(pontic 단독, 지대치 단독, 복합 하중)는 상호 독립적으로 해석하였다. 본 모델은 임상 증례(상악 측절치)의 디자인 원칙을 일반화하여 검증하기 위한 단순화 모델로, 전치부 cantilever RBFDP의 보편적 응력 거동을 평가할 수 있는 하악 중절치 부위를 대표 모델로 채택하였다.

5. Finite Element Analysis

세 디자인에서의 cement layer 내 최대 주응력(maximum principal stress)은 표 1에, 응력 분포 양상은 그림 6에 제시하였다. 각 하중 시나리오는 독립적으로 해석하였다. 단일 wing 디자인은 지대치 단독 하중 시 접착 계면에 응력이 거의 발생하지 않았는데, 이는 보철물 전체가 지대치의 PDL 위에서 강체로 함께 변위하기 때문이다. 반면 pontic에 직접 하중이 가해질 경우에는 단일 wing 디자인이 외팔보 구조로 인해 양측 wing 디자인보다 높은 계면 응력을 보였다. 양측 wing 디자인은 두 지대치의 동요도가 동일하다는 가정 하에서 pontic 하중을 두 계면이 분담하여 낮은 응력을 나타내었으나, 임상에서 흔히 존재하는 동요도 차이를 부여한 디자인에서는 #31과 #42 양측 cement layer 모두에서 응력이 현저히 증가하여 모든 디자인 중 가장 불리한 결과를 보였다. 이는 임상적으로 보고된 비대칭적 debonding 양상과 일치한다.^[2,4,10]

또한 connector를 cingulum 상방, 즉 cervical margin에서 의도적으로 이격시킨 디자인에서는 동

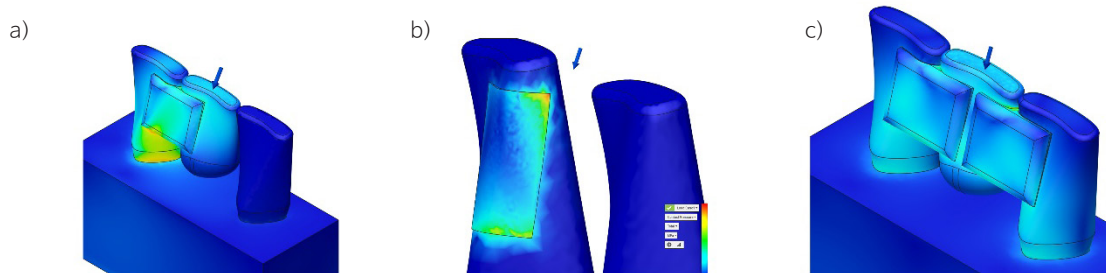


그림 6. 대표 디자인의 cement layer 응력 분포 (200 N 사선 교합력 적용). (A) One-wing 디자인에서 pontic 하중 시 전체 모델의 응력 분포, (B) 동일 조건에서 cement layer에 집중된 응력, (C) Two-wing with differential mobility 디자인(#42 주위 치주인대 폭 증가로 동요도 차이 부여)에서의 응력 분포.

일한 wing 형태에서도 margin 부위로 전달되는 표면 응력이 감소하는 양상을 보였다. 이는 ‘응력은 표면을 따라 전파되며, margin과 connector를 가까이 배치하면 debonding 위험이 증가한다’는 임상적 가설을 정량적으로 뒷받침하는 결과이다^[7-9].

표 1. 디자인별 cement layer maximum principal stress 비교
(단위: MPa)

Loading site	One-wing	Two-wing	Two-wing with differential mobility
Pontic	13.0	3.3	6.7
Single abutment	0	4.7	15.0
Pontic & single abutment	17.0	8.8	22.6
Pontic & both abutments	—	12.3	23.4

각 하중 시나리오는 독립적으로 해석하였다. “—”는 단일 wing 디자인에 지대치가 하나만 존재하여 해당 없음(N/A)을 의미한다. Static structural simulation, Fusion 360 (Autodesk, San Rafael, CA, USA).

총괄 및 고안

이번 보고는 전치부 Maryland bridge의 임상적 성공이 단일 변수가 아니라, ‘디자인-위치-접착’의 세 축이 서로 보완적으로 작용하는 시스템적 결과임을 임상 증례와 FEA를 통한 근거를 통합적으로 나타내었다. 장기 성공을 위한 세 가지 주요 고려사항은 다음과 같다.

1. Single-wing 디자인의 선택

양측 wing fixed-fixed RBFDP는 두 지대치의 PDL 동요도가 미세하게 다르고, 그 결과 양측 cement layer가 받는 변형이 비대칭적으로 분포한다. 이러

한 비대칭은 시간이 지남에 따라 한쪽 wing의 부분적 debonding을 유발하며, 환자가 이를 인지하지 못한 채 secondary caries로 진행되는 ‘silent failure’의 주요 기전으로 알려져 있다^[1-3]. 본 연구의 FEA 결과는 단일 wing 디자인의 이점을 세 가지 측면에서 설명한다. 첫째, 임상에서 불가피한 지대치 하중에 대해 단일 wing 디자인은 보철물 전체가 지대치의 PDL 위에서 강체로 함께 변위하므로 접착 계면에 응력을 거의 발생시키지 않은 반면, 양측 wing 디자인은 지대치 하중 시에도 계면에 응력이 전달되었다. 둘째, 단일 wing 디자인에서 상대적으로 높은 계면 응력은 pontic에 직접 하중이 가해질 때로 제한되는데, 이 시나리오는 교합 조정으로 회피할 수 있어(조건 2 참조) 유일한 역학적 취약점이 통제 가능한 변수에 해당한다. 셋째, 양측 wing 디자인이 보인 낮은 계면 응력은 두 지대치의 동요도가 동일하다는 가정에서만 성립하며, 임상에서 흔한 동요도 차이를 부여한 디자인에서는 양측 wing의 계면 응력이 모든 디자인 중 가장 높게 나타났다. 이는 치조골 흡수로 지대치 동요도가 증가한 cantilever RBFDP의 응력 집중을 보고한 선행 FEA 연구와도 부합한다^[10]. 단일 wing 디자인은 두 번째 지대치가 존재하지 않으므로 이러한 동요도 불일치 문제를 원천적으로 회피한다. 임상 보고에서도 zirconia single-wing cantilever RBFDP는 10년 추적에서 success rate 92.0%, survival rate 98.2%를 보였으며⁴, 양측 wing 형태에 비해 우월하거나 동등한 결과가 일관되게 보고되었다^[3-6].

2. Decementation 최소화를 위한 connector와 wing margin의 디자인

Pontic에 가해지는 교합력은 수복물의 표면을 따라 주로 전파되며, connector 부근에서 응력 집중이 가장 크게 발생한다. 따라서 connector가 cement margin에 인접해 있을 경우, 응력 집중부와 접착 계면 변연부가 사실상 동일 위치에 놓이게 되어 debonding 위험이 가속화된다^[7-9]. 이번 증례에서는 wing의 mesial을 가능한 한 labial로 연장하여 proximal에 위치하는 connector로부터 충분

한 거리를 두는 디자인을 채택하였다. FEA 결과 또한 connector 부근에 집중되는 응력 집중부에서 1~2 mm만 떨어져도 표면 응력이 급격히 감소하는 양상을 확인할 수 있었다. Connector에서 margin을 이격시킬 때 변연부 표면 응력이 정량적으로 감소하였다. 이는 임상적으로 connector 응력 부위와 가장 가까운 proximal margin을 설정할 때 가능한 한 labial로 연장하는것이 중요하다는 것을 나타낸다. 추가로, 수복물의 채워치를 용이하게 하는 기하학적 보조유지형태를 추가하면 임상적으로 수복물 세팅 시 많은 도움을 준다^[8,9].

3. Zirconia 접착 프로토콜 준수

Single-wing 디자인의 임상 성공은 결국 장기적 접착의 성공을 의미한다. 따라서 zirconia 접착의 세 가지 요소—기계적 유지(micromechanical retention), 화학적 결합(chemical bonding), 적절한 젖음성(wetting)—이 모두 충족되어야 한다^[11,12]. 즉, ① 50 μ m Al_2O_3 airborne-particle abrasion을 통한 표면 거칠기 확보, ② 10-MDP 함유 adhesive 사용을 통한 phosphate ester-ZrO₂ 화학결합, ③ 오염 방지를 위한 즉시 cementation이 단계적으로 시행되어야 한다. 이번 증례에서도 이 프로토콜을 엄격히 준수하였다. 임상가는 ‘이러한 디자인의 장기 성공률은 접착 술식의 일관성에 의해 결정된다’는 점을 명확히 인지할 필요가 있다^[12,13].

이번 FEA 모델은 일반적인 가정 하에서 정적 하중을 적용하였으며, 실제 구강 내의 cyclic loading, thermal aging, 타액 및 가수분해에 의한 접착 계면 열화는 반영되지 않았다. 또한 단일 임상 증례를 제시한 것으로 장기 추적 결과는 포함하지 않았으며, 제시된 디자인 원칙의 일반화를 위해서는 다기관 전향적 연구와 5년 이상의 임상 추적이 추가로 요구된다^[5,6]. 향후 in-silico fatigue 모델, 디지털 디자인-제작 통합 워크플로우, 그리고 cement type별 비교 연구가 임상적 의사결정의 정밀도를 높일 것으로 기대된다.

결론

전치부 Maryland bridge의 장기 성공은 단순한 술식의 문제가 아니라 디자인, connector 위치, 접착 프로토콜이 통합적으로 충족되어야 가능한 결과이다. 이번 임상 증례와 FEA의 통합 분석을 바탕으로, 다음의 세 가지 핵심 조건을 제안한다: ① 단일 wing(single-retainer) 디자인을 우선 선택할 것, ② Margin을 connector로부터 이격시켜 보호할 것, ③ 10-MDP 기반 zirconia 접착 프로토콜을 엄격히 준수할 것. 이 세 조건은 보존적이며 예측 가능한 전치부 결손 수복의 임상적 기준선을 제시하며, 임플란트의 대안 또는 임시적 대체물이 아닌 ‘성숙한 minimally invasive option’으로서 Single wing Maryland bridge의 가치를 재정립할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Pjetursson BE, Tan WC, Tan K, Bragger U, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the survival and complication rates of resin-bonded bridges after an observation period of at least 5 years. Clin Oral Implants Res. 2008;19(2):131-141.
- [2] Botelho MG, Ma X, Cheung GJ, Law RK, Tai MT, Lam WY. Long-term clinical evaluation of 211 two-unit cantilevered resin-bonded fixed partial dentures. J Dent. 2014;42(7):778-784.
- [3] Thoma DS, Sailer I, Ioannidis A, Zwahlen M, Makarov N, Pjetursson BE. A systematic review of the survival and complication rates of resin-bonded fixed dental prostheses after a mean observation period of at least 5 years. Clin Oral Implants Res. 2017;28(11):1421-1432.
- [4] Kern M, Passia N, Sasse M, Yazigi C. Ten-year outcome of zirconia ceramic cantilever resin-bonded fixed dental prostheses and the

- influence of the reasons for missing incisors. *J Dent.* 2017;65:51-55.
- [5] Sailer I, Bonani T, Brodbeck U, Hämmerle CHF. Retrospective clinical study of single-retainer cantilever anterior and posterior glass-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses at a mean follow-up of 6 years. *Int J Prosthodont.* 2013;26(5):443-450.
- [6] Sasse M, Kern M. Survival of anterior cantilevered all-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses made from zirconia ceramic. *J Dent.* 2014;42(6):660-663.
- [7] Magne P, Belser UC. *Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition: A Biomimetic Approach.* Chicago: Quintessence; 2002.
- [8] Saker S, El-Fallal A, Abo-Madina M, Ghazy M, Özcan M. Clinical survival of anterior metal-ceramic and all-ceramic cantilever resin-bonded fixed dental prostheses over a period of 60 months. *Int J Prosthodont.* 2014;27(5):422-424.
- [9] Bhakta S, van Noort R, Cardew GE. Improved retention of anterior cantilever resin-bonded prostheses by design alteration: An experimental and finite element study. *J Prosthet Dent.* 2006;95(4):282-289.
- [10] Oishi Y, Nozaki K, Nemoto R, Yue Y, Matsumura M, Saleh O, Fueki K. Finite element analysis of stress distribution in cantilever resin-bonded zirconia fixed dental prosthesis and periodontal tissue with alveolar bone loss. *J Prosthodont Res.* 2025;69(3):351-358.
- [11] Blatz MB, Alvarez M, Sawyer K, Brindis M. How to bond zirconia: the APC concept. *Compend Contin Educ Dent.* 2016;37(9):611-617.
- [12] Alammar A, Blatz MB. The resin bond to high-translucent zirconia—A systematic review. *J Esthet Restor Dent.* 2022;34(1):117-135.
- [13] Özcan M, Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent.* 2015;17(1):7-26.

CASE REPORTS

엔도크라운(Endocrown) 수복: 적응증,
임상 술식 및 증례 고찰Endocrown Restorations for Single Molar:
Indications, Clinical Procedures, and Case Reports이형우
Hyungwoo Lee서울대학교치과병원 원스톱협진센터
One-stop Specialty Center, Seoul National University Dental Hospital

초록

In the restoration of endodontically treated teeth, post placement has traditionally been indicated for core retention. However, the additional radicular preparation required for the post space increases the risk of root fracture, and post placement may be contraindicated due to anatomical limitations of the root. With advancements in adhesive dentistry and ceramic materials, the endocrown—a monolithic restoration utilizing the pulp chamber for macro-retention—has emerged as an excellent minimally invasive alternative. This paper reviews the academic background, specific indications, and clinical guidelines (preparation, material selection, and adhesion protocols) for endocrown restorations. Furthermore, it aims to evaluate the clinical utility and prognosis of endocrowns through various case reports involving teeth with extensive loss of coronal structure or insufficient clinical crown length.

Key words : Endocrown, Endodontically treated molar, Adhesive dentistry

서론

근관치료된 치아의 수복에 있어 핵심은 잔존 치질의 보존과 수복물의 기계적 유지력 확보이다. 전통적으로 잔존 와동벽(cavity wall)이 1면 이하일 경우 코어의 유지를 위해 포스트 식립이 권장되었다^[1]. 그러

나 주조 기둥(cast post)은 상아질과의 탄성계수차이로 인해 치근에 응력을 집중시켜 치근 파절을 유발할 수 있으며, 이를 보완하기 위해 개발된 파이버 포스트(fiber post) 역시 접착 실패라는 한계를 지닌다.

더욱이 포스트를 적용하기 위해서는 해부학적 전제 조건이 필수적이다. 치간 길이 및 치근 길이의 2/3

Corresponding author: Hyungwoo Lee

One-stop Specialty Center, Seoul National University Dental Hospital, Seoul, Republic of Korea

E-mail: barosalza07@naver.com

에 해당하는 공간, 4-6mm의 치근단 밀폐 보장, 최소 1.3mm 이상의 포스트 직경 및 포스트 주변 1mm 이상의 잔존 치질 두께가 요구된다. 만약 치근이 얇고 짧거나, 근관이 석회화되어 포스트 공간 형성이 불가능한 경우에는 대안적인 수복 방법이 필요하다. 1995년 Pissis가 치관부 치질이 부족한 경우 세라믹 모노블럭을 최초로 적용한 이래^[2], 1999년 Bindl과 Mörmann은 이를 ‘엔도크라운(Endocrown)’이라 명명하며 접착치의학을 기반으로 한 새로운 수복 패러다임을 제시하였다^[3].

엔도크라운의 정의 및 적응증

엔도크라운은 치수강 내의 중심 유지 와동(central retention cavity)에서 기계적 거대 유지력(macro-retention)을 얻고, 치은 연상(supra-cervical)의 butt joint 변연에서 발달된 레진 접착을 통해 미세 유지력(micro-retention)을 획득하는 단일체형 세라믹 수복물이다. 엔도크라운의 주요 적응증은 크게 두 가지로 분류할 수 있다^[4].

1. 치관부 치질이 절대적으로 부족한 경우: 잔존 와동벽이 1개 이하로 포스트 식립이 지시되나, 치근의 해부학적 한계로 인해 포스트 식립이 불가능하거나 위험한 경우.

2. 임상 치관 길이가 짧은 경우: 약간 공간이 협소하여 보철물의 두께 확보가 어렵거나, 전통적인 치관 형성 시 유지력이 부족한 경우. 치관확장술(CLP) 등을 통한 생물학적 폭경(biologic width)의 고려가 필요하거나 crown-root ratio의 악화를 피하고자 할 때 유용하다.

임상 술식 및 재료 (Clinical Procedures & Materials)

1. 지대치 형성 (Preparation)

엔도크라운의 형성은 다음의 주요 원칙을 따른다.

- Central Cavity: 와동저의 깊이는 근관 orifice 상방으로 플로어블 레진을 수복한 후, 최소 2.5mm에서 3mm 이상을 확보해야 한다. 간접 수복물의 인상 채득 및 장착을 위해 측면은 6-10도의 기울기(taper)를 부여한다.
- Margin Design: 1-2mm 폭의 cervical butt joint margin을 형성한다. 치은 연상 마진이 가장 이상적이나, 임상적 상황에 따라 equigingival 레벨까지 허용된다.
- Ferrule Design의 적용: 대구치에서 교합압을 견디고 파절 저항성을 높이기 위해 치아 외측에 shoulder 또는 chamfer 마진을 추가로 형성하는 ferrule design이 권장된다. 연구에 따르면 1-2mm의 수직적 ferrule을 부여할 경우 수복물의 파절 저항성이 유의미하게 증가하며, 치아의 catastrophic failure 발생률을 낮출 수 있다.

2. 즉시 상아질 밀봉 (Immediate Dentin Sealing, IDS)

노출된 상아질은 prepartaion 직후 즉시 상아질 밀봉(IDS)을 시행하는 것이 강력히 권장된다. 문헌에 따르면 엔도크라운 수복 시 IDS를 시행한 그룹의 10년 접착 실패율은 2%인 반면, 시행하지 않은 그룹은 7.5년 실패율이 16%에 달하는 것으로 보고된다^[5].

3. 임시 수복 (Provisionalization)

Central cavity를 물리적으로 메우기 위해 Fermit (Ivoclar)과 같은 Resin-based 임시 충전재가 효과적이다. 이는 유지력이 우수하고 최종 수복 전 제거가 용이하다. 아크릴릭 레진으로 임시 치관을 제작할 경우, 최종 레진 접착을 방해하지 않도록 non-eugenol

계열의 시멘트를 사용해야 한다.

4. 수복 재료의 선택 (Material Selection)

수복 재료는 치아와 유사한 탄성계수를 가져 교합 압을 분산시킬 수 있어야 하며, 파절 저항성과 강한 접착력을 지녀야 한다.

- Lithium Disilicate: 치아와 유사한 방사선 불투과성을 지니며, 우수한 접착력과 물리적 성질로 인해 현재 임상적 표준으로 여겨진다.
- Zirconia: 기계적 강도와 파절 저항성이 가장 뛰어나며, 방사선 불투과성이 높아 접합도 관찰에 유리하다.
- Nanoceramic Resin & Leucite-reinforced Ceramic: 교합압 분산에 유리하며 특정 임상 상황에서 유효한 실패율 감소를 보여준다.

5. 접착 (Cementation)

수복물의 중심 두께가 두껍기 때문에 광중합의 한계를 고려하여 이중중합형(dual-cure) 레진 시멘트를 사용한다. 치면은 인산 에칭 후 본딩을 적용하고, 세라믹 수복물 내면은 불산 에칭, 실란 처리 및 본딩제 도포의 통상적인 접착 프로토콜을 준수한다.



그림 1. 술 전 구내사진, 술 전 방사선사진, 엔도크라운 preparation 후 구내사진 (교합면측, 협측), lithium disilicate 엔도크라운 제작, 수복 후 구내사진, 수복 후 방사선사진

히 적합된 것을 확인하였다. (그림1)

임상 증례 (Case Reports)

증례 1

치관부 치질이 부족한 하악 대구치의 수복

37번 치아의 기존 수복물 파절 및 2차 우식으로 내원한 환자이다. 잔존 치질이 설측 벽 1면만 남은 상태로 포스트 식립이 고려될 수 있으나, 최소침습적 접근을 위해 엔도크라운을 계획하였다. 우식 제거 후 IDS를 시행하였으며, lithium disilicate (IPS e.max, Ivoclar)를 CAD/CAM으로 제작하여 수복하였다. 방사선 사진 상 central cavity 하방까지 수복물이 정확

증례 2

치근단 병소가 동반된 하악 대구치의 의도적 재식술 후 수복

47번 치아의 보철물 탈락 및 buccal fistula, 치근단 병소가 관찰된 71세 환자이다. 잔존 치질이 거의 없고 발치 가능성이 높은 상태였으나, 의도적 재식술 (Intentional replantation) 시행 후 3주간의 초기 고정을 거쳐 지르코니아 엔도크라운으로 수복하였다. 1년 추적 관찰 결과 치근단 병소가 소실되었으며 안정적인 기능 회복을 보였다. (그림2)

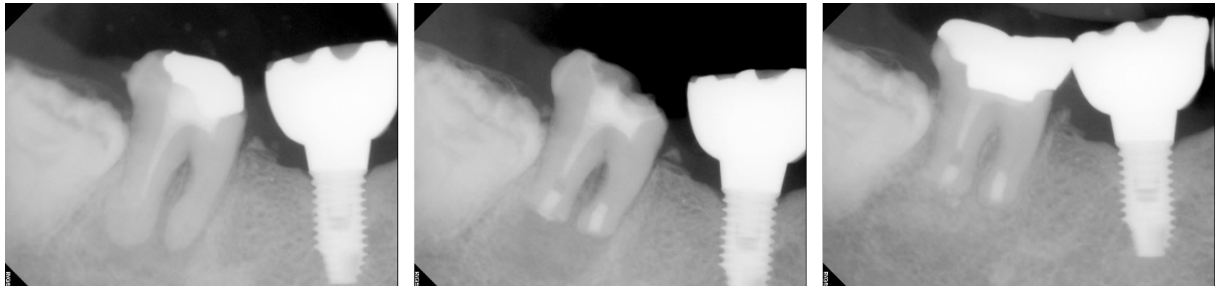


그림 2. 술 전 방사선사진, 의도적 재식술 후 방사선 사진, 지르코니아 엔도크라운 수복 후 1년 추적 관찰 방사선 사진

증례 3

임상 치관 길이가 짧은 하악 대구치의 ferrule design 적용

36번 치아의 근관치료 완료 후 전통적 치관 형성을 시도하였으나, 교합면 삭제 후 남은 측벽의 높이가 3mm 미만으로 유지력 확보가 불가능한 상황이었다. 부가적인 치주 수술 없이, central cavity 형성과 더불어 치아 외측에 마진을 부여하는 ferrule design 기반의 엔도크라운 프랩을 시행하였다. 엔도크라운은 지르코니아로 제작했으며, 치관 길이가 짧은 상황에서도 기계적, 화학적 유지력을 동시에 확보하여 성공적

으로 기능하고 있다 (그림3).

증례 4

작은 악궁 및 좁은 악간 공간에서의 적용

23세 여성 환자로, 악궁과 치아의 크기가 매우 작고 근심 우식이 심게 진행된 17번 치아 증례이다. 구개측 임상 치관 길이가 극히 짧아 전통적인 프랩 및 치관확장술 시야 확보가 불가능에 가까웠다. 엔도크라운 특유의 단순화된 지대치 형성(simplified preparation)의 장점을 활용하여 수술적 개입 없이 성공적으로 수복을 완료하였다 (그림4).

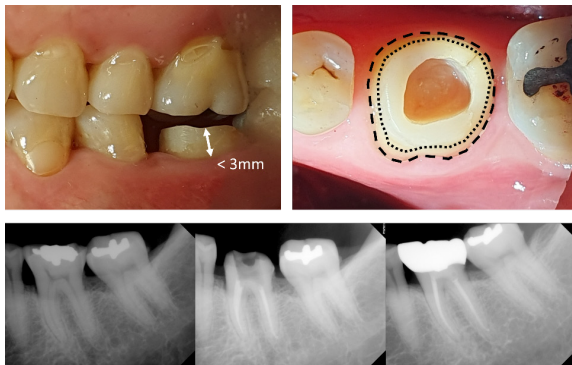


그림 3. 교합면 삭제 후 구내사진, shoulder ferrule design 형성 사진, 술 전 방사선사진, 엔도크라운 preparation 후 방사선사진, 지르코니아 엔도크라운 수복 후 방사선사진

고찰 (Discussion)

엔도크라운의 기계적 안정성에 대한 의문은 지속적으로 제기되어 왔으나, 다수의 문헌이 그 신뢰성을 뒷받침하고 있다. Rayyan 등의 연구에 따르면, 기계적 파절 저항성을 비교했을 때 ‘엔도크라운’이 가장 높은 수치를 보였으며, 그 뒤를 ‘ferrule이 있는 포스트-크라운’, ‘ferrule이 없는 포스트-크라운’이 이었다^[6]. 이는 ferrule을 부여하기 부담스러운 임상 상황에서 엔도크

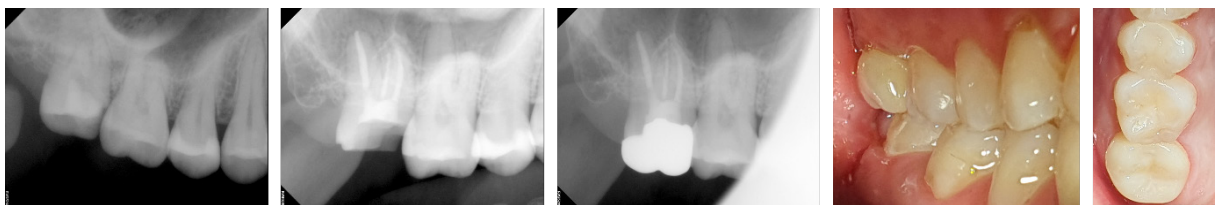


그림 4. 술 전 방사선사진, 엔도크라운 preparation 후 방사선사진, 지르코니아 엔도크라운 수복 후 방사선사진, 수복 후 구내사진 (협측, 교합면측)

라운이 훌륭한 생체역학적 대안이 됨을 시사한다.

치아 위치에 따른 성공률을 살펴보면, 소구치와 대구치에서 예후의 차이가 존재한다. 55개월 추적 관찰 연구에서 대구치의 경우 전통적 크라운(94.6%)과 엔도크라운(87.1%)의 생존율이 유사(comparable)하게 나타났으나, 소구치에서는 엔도크라운의 생존율(68.8%)이 상대적으로 낮아 부적합(inadequate)한 것으로 평가되었다^[7]. 본인도 급적 소구치에는 엔도크라운 적용을 지양하고 있으나, 적절한 케이스 선택이 동반된다면 소구치에서도 양호한 결과를 얻을 수 있다.

중요한 것은 엔도크라운이 전통적인 전장관 수복을 완전히 대체하는 술식이 아니라는 점이다. 전통적인 수복 방식이 불가능하거나, 그것을 고집할 경우 치주 수술이 강제되거나 발치로 이어질 수밖에 없는 한계 상황에서, 치아를 보존할 수 있는 하나의 선택가능한 치료옵션(alternative option)으로서 그 의의를 갖는다. 방사선 사진 상 발치가 불가피해 보이는 증례라 할지라도, 접착치의학에 기반한 엔도크라운 수복을 통해 치아의 수명을 연장할 수 있다.

결론

엔도크라운은 근관치료 후 치관부 치질이 광범위하게 상실되었거나, 약간 공간 부족으로 임상 치관 길이가 짧은 대구치 수복에 있어 매우 효과적이고 보존적인 치료 방법이다. 정확한 변연 형성, central cavity의 활용, IDS의 적용 및 적절한 이중중합 시멘트의 사용이라는 접착 원칙을 철저히 준수한다면, 불필요한 외과적 개입과 포스트 식립에 따른 위험을 회피하고 양호한 임상적 예후를 기대할 수 있다.

참고문헌

- [1] Peroz I, Blankenstein F, Lange KP, Naumann M. Restoring endodontically treated teeth with posts and cores—a review. Quintessence Int. 2005;36:737-46.
- [2] Pissis P. Fabrication of a metal-free ceramic restoration utilizing the monobloc technique. Pract Periodontics Aesthet Dent. 1995;7:83-94.
- [3] Bindl A, Mörmann WH. Clinical evaluation of adhesively placed Cerec endo-crowns after 2 years—preliminary results. J Adhes Dent. 1999;1:255-65.
- [4] Belleflamme MM, Geerts SO, Louwette MM, Grenade CF, Vanheusden AJ, Mainjot AK. No post-no core approach to restore severely damaged posterior teeth: An up to 10-year retrospective study of documented endocrown cases. J Dent. 2017;63:1-7.
- [5] Biacchi GR, Mello B, Basting RT. The endocrown: an alternative approach for restoring extensively damaged molars. J Esthet Restor Dent. 2013;25:383-90.
- [6] Rayyan MR, Alauti RY, Abanmy MA, AlReshaid RM, Bin Ahmad HA. Endocrowns versus post-core retained crowns for restoration of compromised mandibular molars: an in vitro study. Int J Comput Dent. 2019;22:39-44.
- [7] Bindl A, Richter B, Mörmann WH. Survival of ceramic computer-aided design/manufacturing crowns bonded to preparations with reduced macroretention geometry. Int J Prosthodont. 2005;18:219-24.

CASE REPORTS

의도적 재식술을 이용한 하악 제2대구치 설측 치경부 외흡수의 치료

Management of lingual external cervical resorption in a mandibular tooth using intentional replantation

권승경

Seung-Kyung Kwon

연세대학교 치과보존학교실

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University

초록

Lingual external cervical resorption in mandibular molars presents a considerable treatment challenge because conventional surgical access is often limited. Intentional replantation enables direct access to lesions that are otherwise difficult to manage and facilitates extraoral restoration under improved visibility.

A 25-year-old female presented with spontaneous pain in the right mandibular second molar. Clinical and cone-beam computed tomography examinations revealed an external cervical resorption lesion extending from the lingual cervical area to the subcrestal region. Because conventional surgical access and orthodontic extrusion were not feasible, intentional replantation was performed. After extraoral removal of the resorptive tissue, the defect was restored with a self-adhesive resin cement without a separate etching and bonding procedure, followed by root-end surgery and replantation. Root canal obturation and definitive crown restoration were completed after initial healing. At follow-up, the tooth remained asymptomatic with favorable clinical and radiographic healing.

Intentional replantation can be a valuable treatment option for lingual external cervical resorption with limited surgical access. In this case, a simplified extraoral restorative strategy using a self-adhesive resin cement enabled efficient defect restoration while limiting unnecessary extraoral manipulation.

Key words : External cervical resorption; Intentional replantation; Self-adhesive resin cement; Mandibular second molar

서론

치경부 외흡수 (external cervical resorption, ECR)는 치경부에서 시작되어 상아질을 따라 진행하

는 비교적 드문 치아 흡수성 병변으로, 진행 초기에는 특별한 증상이 없어 우연히 발견되는 경우가 많다^[1,2]. 병변이 진행되어 치수와 교통하거나 치주조직을 침범한 경우에는 동통, 치주낭 형성, 출혈 등의 임상 증상

Corresponding author: Seung-Kyung Kwon, DDS, MSD, PhD

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Yonsei University

50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, South Korea

E-mail: sgkwon94@yuhs.ac

이 나타날 수 있으며, 병변의 위치와 범위에 따라 치료 방법과 예후가 크게 달라진다^[2,3].

ECR의 치료 목적은 흡수 조직을 완전히 제거하여 병변의 진행을 중단시키고, 결손 부위를 적절히 수복하여 치아를 기능적으로 보존하는 것이다^[3,4]. 일반적으로 외과적 접근을 통한 병변 제거와 수복, 교정적 정출술, 의도적 재식술 (intentional replantation) 등이 고려될 수 있으며, 병변의 위치와 접근성에 따라 치료 전략이 결정된다^[4]. 특히 대구치에서 발생한 치은연하 병변은 수술적 시야 확보가 어렵고 교정적 정출 역시 현실적으로 제한되는 경우가 많아 치료가 더욱 어렵다^[4].

의도적 재식술은 치아를 일시적으로 발거하여 체외에서 충분한 시야와 접근성을 확보한 상태로 병변을 제거하고 수복할 수 있다는 장점이 있다^[4,5]. 그러나 치주인대 세포의 생존을 위해 체외 시간을 최소화해야 하며, 제한된 시간 내에서 효율적인 수복 술식의 선택이 중요하다^[6].

본 증례에서는 하악 제2대구치 설측에 발생한 ECR을 의도적 재식술을 통해 치료하였으며, 접근이 어려운 치경부 외흡수에서 적용 가능한 치료 전략과 임상적 고려사항을 보고하고자 한다.

증례

25세 여자 환자가 약 3주 전부터 발생한 우측 하악 구치부의 자발통, 저작 시 통증 및 냉자극에 대한 통증을 주소로 개인 치과에서 의뢰되어 내원하였다. 의과적 및 치과적 병력에서 특이사항은 없었다. 임상검사상 #47 치아는 타진 검사와 냉검사 및 교합 검사에서 모두 양성 반응을 보였으며, 설측 치은열구 탐침 시 심한 통증과 함께 bleeding on probing이 관찰되었다. 치아 동요도는 없었다 (그림 1).

치근단 방사선사진에서는 치관부 치수강 부위의 방사선 투과상이 관찰되었다 (그림 2). 치경부 외흡수 혹은 내흡수를 감별진단하기 위해 콘빔전산화단층영상 (CBCT) 촬영하였다. CBCT 검사 결과 설측 치경부에서 시작된 외부 치경부 흡수가 치수강 직전까



그림 1. 초진 시 임상 사진



그림 2. 초진 시 치근단 방사선 영상

지 진행되어 있었고, 병변은 치조정 하방까지 연장되어 있었다 (그림 3A-B). 임상 및 방사선학적 소견을 종합하여 치경부 외흡수 (external cervical resorption)와 비가역성 치수염 (irreversible pulpitis)로 진단하였으며, 근관치료 후 의도적 재식술 (intentional replantation)을 시행하여 흡수 병변을 제거하고 결손 부를 수복하기로 계획하였다.

치료과정

초진 내원 시 통증 완화를 위한 응급 근관치료를 시행하였다. 리버댐 방습 하에 근관 개방 후 심한 출혈이 관찰되었으며, 작업장 길이를 측정한 후 hand file과 NiTi file을 이용하여 근관 성형을 시행하였다. Sodium hypochlorite 용액으로 근관을 세척한 후 calcium hydroxide를 근관 내 약제로 적용하고 임시 수복하였다.



그림 3A. 콘빔단층촬영영상 (Sagittal view)



그림 3B. 콘빔단층촬영영상 (Axial view)



그림 4. 수술 전 separation ring 삽입 후

다음 내원 시 증상은 일부 완화되었으나, 러버댐 방습 하 임시수복물 제거 후 근관 내에서 설측 치경부 흡수에 의한 천공 부위가 명확하게 확인되었으며 해당 부위에서 지속적인 출혈과 농 배출이 관찰되었다. 병변으로 인해 적절한 방습이 어려워 현 상태에서의

근관치료 지속은 어려우며 예후 불량할 것으로 판단하여 의도적 재식술을 시행 후 흡수 부위 수복을 먼저 진행하기로 결정하였다. 수술 하루 전 고무링을 이용하여 separation을 먼저 시행하였다.

수술 당일 국소마취 후 치아를 가능한 한 외상 없이 발거하였다. 발거 후 설측 치경부의 흡수 조직과 육아조직을 확인하였으며, periodontal curette와 round bur를 이용하여 이를 제거하였다. 이후 methylene blue 용액으로 염색하여 잔존 흡수 조직이 남아있지 않음을 확인하였다 (그림 5).

결손부 수복 시에는 별도의 산부식 및 접착 과정을 생략하고 self-adhesive resin cement (RelyX™ U200, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 설측 결손부를 축성하였다 (그림 6). 이후 근단부 2 mm 절제를 시행하고, 2 mm 깊이의 retrograde cavity를 형성한 후 RetroMTA (BioMTA, Seoul, Korea)로 역



그림 5. 하악 제2대구치의 설측에 위치한 흡수 조직 및 조직 제거 후 염색한 모습

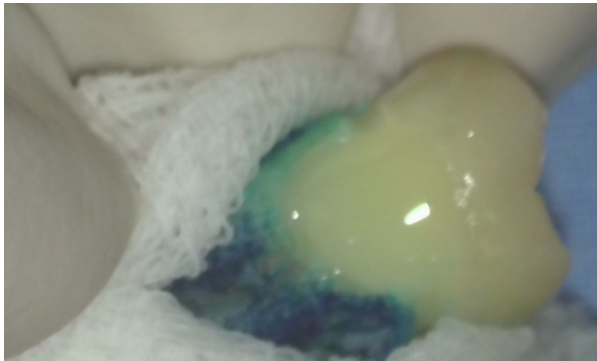
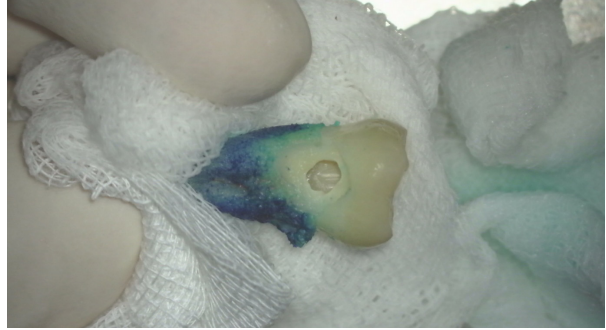


그림 6. Self-adhesive resin cement로 설측 결손부 수복 후. 설측면, 원심면

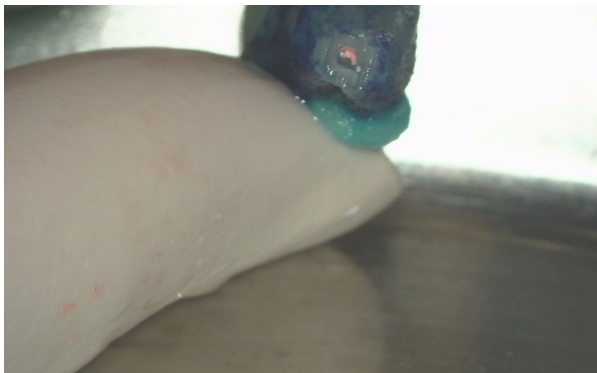
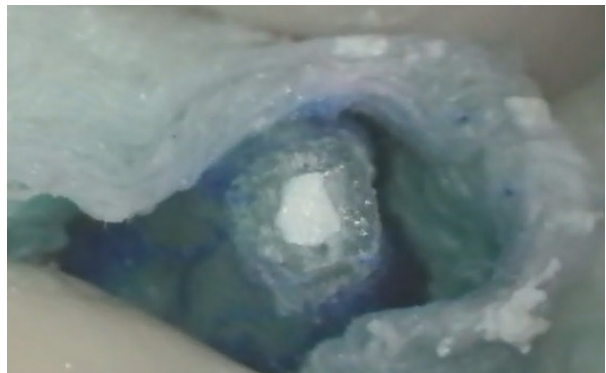


그림 7. 치근단 절제 및 치근단 역충전 후



충전을 시행하였다 (그림 7). RetroMTA의 초기 경화를 기다리는 동안 치조와 설측의 잔존 육아조직을 제거 후 치은 조직을 추가로 절제하였으며 (그림 8), 치아를 재식하였다 (그림 9). 전체 체외 시간 (extraoral time) 은 약 16분으로 유지했다.

수술 1개월 후에는 자각증상이 모두 소실되었으며, 러버댐 방습 하에 근관 세척 후 bioceramic sealer (Ceraseal, Meta Biomed, Cheongju, Korea)를 이용하여 sealer-based obturation을 시행하였다. 이

후 35% phosphoric acid를 이용한 selective etching 과 universal adhesive (All-Bond Universal, Bisco, Schaumburg, IL, USA)를 적용한 뒤 복합레진 코어 (NexCore, Meta Biomed)로 수복하였다.

수술 후 2.5개월 경과 시 임상증상은 모두 소실되었으며 설측 치은연의 완전한 회복을 보였으며, 치근단 방사선사진에서 치조골의 회복 양상이 관찰되어 (그림 11) 금관 수복을 진행하였다.

최종적으로 gold crown을 장착하였으며, 수술 후

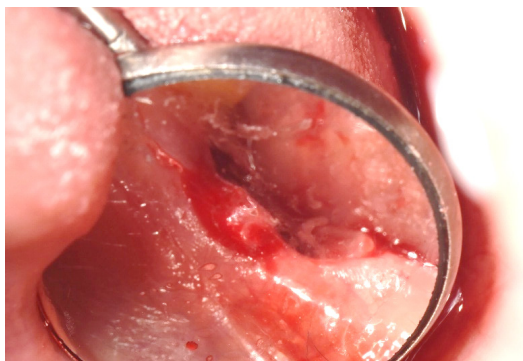


그림 8. 절제된 설측 치은 및 흡수 조직



그림 9. 의도적 치아 재식술 후 치근단 방사선 사진

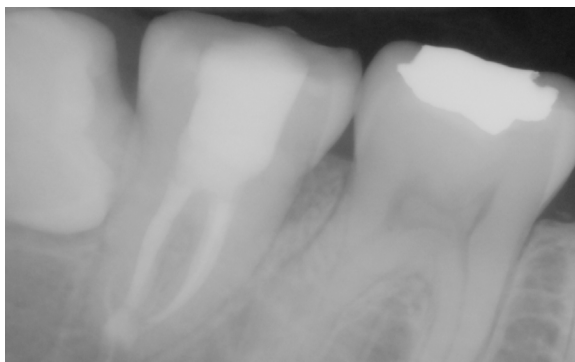


그림 10. 근관 충전 및 복합레진 코어 수복 후

4개월 추적관찰에서 동요도, 타진통 및 교합통은 모두 소실되었고 정상적인 치주낭 깊이를 유지하였다. 방사선학적으로는 치근단 병소의 감소와 lamina dura의 재형성이 관찰되어 양호한 치유 양상을 확인할 수 있었다 (그림 12).

의도적 재식술 7개월 및 14개월, 20개월 경과 시 임상 검사 상 이상 소견은 없었으며 흡수 조직의 완전한 소실 양상 보였다. 수술 후 치근단의 완전한 치유 양상도 관찰되었다 (그림 13, 14).



그림 11. 의도적 재식술 3개월 후



그림 12. 의도적 재식술 4개월 후 임상 사진 및 치근단 방사선 사진

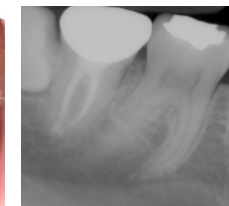


그림 13. 의도적 재식술 7개월 후 임상 사진 및 치근단 방사선 사진



그림 14. 의도적 재식술 후 14개월, 20개월 경과 치근단 방사선 사진



고찰

본 증례에서 가장 큰 치료적 어려움은 병변 자체보다 병변의 위치였다. 병변은 하악 제2대구치 설측 치은연하에 위치하여 일반적인 수술적 접근만으로는 충분한 시야 확보가 어려웠으며, 대구치의 해부학적 특성상 교정적 정출술 또한 현실적으로 제한되었다. 따라서 병변을 직접 확인하여 흡수 조직을 완전히 제거하고 결손부를 동시에 수복할 수 있는 의도적 재식술

을 치료 방법으로 선택하였다.

의도적 재식술을 선택함으로써 본 증례에서는 구강 내에서 확인하기 어려웠던 설측 치경부 병변을 체외에서 직접 관찰할 수 있었다. 발거 후 흡수 조직을 제거하고 methylene blue를 이용하여 잔존 병변을 확인한 결과, 병변이 치조정 하방까지 연장되어 있음을 명확하게 확인할 수 있었으며 이를 충분히 제거한 후 결손부 수복과 치근단 수술을 하나의 술식으로 연속하여 시행할 수 있었다. 이는 접근이 어려운 설측 치경부 외흡수에서 의도적 재식술이 효과적인 치료 대안이 될 수 있음을 보여준다^[4].

이러한 관점에서 본 증례에서는 결손부 수복을 위한 재료뿐 아니라 수복 전략 또한 중요한 고려 대상이었다. 의도적 재식술에서는 체외 조작 시간을 최소화하는 것뿐 아니라 수복 재료의 적용 범위를 결손부에 국한하여 치주인대와의 불필요한 접촉 가능성을 줄이는 것 또한 중요하다^[6,7]. 일반적인 직접 레진 수복은 산부식 후 universal adhesive를 적용하고 air thinning을 시행해야 하므로 술식이 다소 복잡하며, adhesive가 치근 표면으로 확산될 가능성도 고려해야 한다.8 이에 본 증례에서는 별도의 산부식 및 접착 과정을 생략하고 self-adhesive resin cement를 이용하여 결손부의 축성과 접착을 동시에 시행하였다. Self-adhesive resin cement는 초기에는 산성을 나타내지만 별도의 adhesive 적용이나 air thinning 없이 필요한 부위에만 직접 적용할 수 있다는 점에서 본 증례의 술식에 적합하였다^[8,9,10]. 이를 통해 체외 조작 시간을 단축하는 동시에 수복 재료의 적용 범위를 결손부에 국한할 수 있었으며, 체외 시간을 약 16분으로 유지하면서 안정적인 수복을 시행할 수 있었다.

결손부 수복에는 MTA, resin-modified glass ionomer cement 및 레진계 재료 등 다양한 재료가 사용될 수 있다.7 본 증례에서는 최종 보철 수복을 고려하여 변연 형성이 용이하고 기계적 안정성을 확보할 수 있는 레진계 재료를 선택하였다. 향후에는 결손부의 위치와 치주조직과의 관계에 따라 MTA와 레진을 병용하는 hybrid restoration 또한 고려해볼 수 있을 것으로 생각된다^[7,11].

본 증례는 하악 제2대구치 설측 치은연하에 발생

한 치경부 외흡수를 의도적 재식술로 치료하고 치아를 보존한 증례이다. 특히 본 증례의 의의는 특정 수복 재료의 우수성을 제시하기보다, 의도적 재식술이라는 제한된 술식 환경에서 수복 전략 또한 치료 계획의 중요한 요소가 될 수 있음을 보여주었다는 점에 있다. 다만 단일 증례라는 한계가 있으므로 향후 다양한 수복 전략과 장기적인 예후에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론

하악 제2대구치 설측 치은연하에 발생한 치경부 외흡수는 일반적인 수술적 접근이 어려운 경우 의도적 재식술을 유용한 치료 대안으로 고려할 수 있다. 또한 체외 수복 시 술식 환경에 적합한 수복 전략을 선택함으로써 효율적인 결손부 수복과 양호한 임상적 결과를 기대할 수 있는 치료 전략이 될 수 있다.

참고문헌

- [1] Chen Y, Huang Y, Deng X. External cervical resorption-a review of pathogenesis and potential predisposing factors. *Int J Oral Sci.* 2021 Jun 10;13(1):19. doi: 10.1038/s41368-021-00121-9. PMID: 34112752; PMCID: PMC8192751.
- [2] Jeng PY, Lin LD, Chang SH, Lee YL, Wang CY, Jeng JH, Tsai YL. Invasive Cervical Resorption-Distribution, Potential Predisposing Factors, and Clinical Characteristics. *J Endod.* 2020 Apr;46(4):475-482. doi: 10.1016/j.joen.2020.01.011. Epub 2020 Feb 27. PMID: 32115249.
- [3] Rotondi O, Waldon P, Kim SG. The Disease Process, Diagnosis and Treatment of Invasive Cervical Resorption: A Review. *Dent J (Basel).* 2020 Jul 1;8(3):64. doi: 10.3390/dj8030064.

- PMID: 32630223; PMCID: PMC7557762.
- [4] Bardini G, Orrù C, Ideo F, Nagendrababu V, Dummer PMH, Cotti E. Clinical management of external cervical resorption: A systematic review. *Aust Endod J*. 2023. doi: 10.1111/aej.12794. Epub ahead of print. PMID: 37702252.
- [5] Pathways of the Pulp, 12th edition, Ch.18, p711-736.
- [6] Lin Z, Huang D, Huang S, Chen Z, Yu Q, Hou B, et al. Expert consensus on intentional tooth replantation. *Int J Oral Sci*. 2025;17(1):16. doi: 10.1038/s41368-024-00337-5. PMID: 40025031.
- [7] Katsamakis S, Slot DE, Van der Sluis LW, Van der Weijden F. Histological responses of the periodontium to MTA: a systematic review. *J Clin Periodontol*. 2013 Apr;40(4):334-44. doi: 10.1111/jcpe.12058. Epub 2013 Feb 14. PMID: 23405962.
- [8] Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJ. Self-adhesive resin cements - chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabil*. 2011 Apr;38(4):295-314. doi: 10.1111/j.1365-2842.2010.02148.x. Epub 2010 Dec 6. PMID: 21133983.
- [9] Dos Santos VH, Griza S, de Moraes RR, Faria-E-Silva AL. Bond strength of self-adhesive resin cements to composite submitted to different surface pretreatments. *Restor Dent Endod*. 2014 Feb;39(1):12-6. doi: 10.5395/rde.2014.39.1.12. Epub 2014 Jan 20. PMID: 24516824; PMCID: PMC3916500.
- [10] Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M. Self-adhesive resin cements: a literature review. *J Adhes Dent*. 2008 Aug;10(4):251-8. PMID: 18792695.
- [11] Samartzi TK, Papalexopoulos D, Ntovas P, Rahiotis C, Blatz MB. Deep Margin Elevation: A Literature Review. *Dent J (Basel)*. 2022 Mar 14;10(3):48. doi: 10.3390/dj10030048. PMID: 35323250; PMCID: PMC8947734.

CASE REPORTS

Injection molding technique을 이용한 하악 전치부 Black Triangle 수복

Management of Mandibular Black Triangles Using Injection Molding Technique

최은진*, 장석우, 권지영

Eunjin Choi, Seok Woo Chang, Jiyoung Kwon

경희대학교 치과대학 치과보존학교실

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University

초록

Loss of interdental papilla, commonly referred to as “Black triangle,” is an esthetic concern that is particularly prevalent in the mandibular anterior region due to age-related periodontal recession. Management of black triangle is challenging due to limited interdental space and the need for a precise emergence profile. A conservative approach can be achieved using the injection molding technique with a clear matrix.

Direct composite resin restoration was performed using a pre-curved anatomical clear matrix (Bioclear Matrix, Bioclear, Tacoma, WA, USA) combined with flowable and preheated composite resin to maximize adaptation to the tooth substrate.

Satisfactory esthetic and functional outcomes were obtained, demonstrating that the injection molding technique using a clear matrix is an effective and conservative method that reduces technique sensitivity in narrow mandibular spaces and provides a predictable result.

Key words : Black triangle, Injection molding technique, Clear matrix, Preheated composite resin

서론

치간 유두(interdental papilla)의 상실로 인해 인접 치아 사이에 형성되는 삼각형의 검은 공간을 black triangle이라 하며, 이는 환자에게 심미적 불만족을 유발하는 흔한 임상적 문제이다. Black triangle은 치조

골 지지의 상실, 얇은 치주 생체형(thin periodontal biotype), 삼각형의 치아 형태, 점촉점의 치근단측 위치, 외상성 구강위생 습관 등 다양한 요인에 의해 발생한다^[1]. 특히 하악 전치부는 노화에 따른 치주 퇴축이 호발하는 부위로 black triangle이 흔히 관찰되나, 치간 공간이 좁고 정밀한 emergence profile 형성이

Corresponding author: Jiyoung Kwon

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University,
Kyunghedaero 26, Dongdaemun-gu, Seoul, Republic of Korea, 02447

E-mail: jykt55@naver.com

요구되어 성공적인 수복이 까다로운 부위이다.

치간 유두 상실의 정도는 Nordland와 Tarnow의 분류에 따라 접촉점과 인접면 백악법랑경계(CEJ)의 위치 관계로 구분되며, 상실 정도가 클수록 비외과적·보존적 치료의 예측성은 낮아진다^[2].

Black triangle의 치료 방법으로는 pink porcelain을 이용한 보철 수복, 외과적 치간 유두 재건술, hyaluronic acid 주입을 통한 연조직 증대, 그리고 복합레진을 이용한 직접 공간 폐쇄 등이 있다. 외과적 유두 재건술은 술식이 까다롭고 결과의 예측성이 제한적이며, hyaluronic acid 주입은 Nordland-Tarnow 분류상 제한적인 유두 상실(Class I, II)에서 주로 효과적이고 반복 주입이 필요할 수 있어 큰 black triangle에서는 예측성이 떨어진다^[3]. 반면 복합레진을 이용한 직접 수복은 치질 삭제를 최소화하면서 즉각적인 심미 개선이 가능하고, 접촉면을 치근단 방향으로 연장하여 black triangle을 직접적으로 감소시킬 수 있는 보존적 치료법이다^[4].

Injection molding technique은 투명 매트릭스(clear matrix)와 흐름성을 높인 예열된 복합레진을 이용하여 치질에 대한 적합성을 극대화하고 술식 민감도를 낮출 수 있는 방법으로 보고되고 있다^[4,5]. 본 증례에서는 하악 전치부 black triangle을 가진 환자에서 Bioclear 투명 매트릭스를 이용한 injection molding technique으로 보존적인 공간 수복을 시행하였기에 이를 보고하고자 한다.

증례

만 66세 여자 환자로 “아래 앞니 사이 공간이 넓어 심미적으로 불만족스럽다”는 주소로 본과에 내원하였다. 치과병력으로 약 8개월 전 하악 전치부(#32-42)에 유리치은이식술(free gingival graft, FGG)을 시행 받았으며, #33-43 헵,설측에 resin splint가 유지되고 있었다.



그림 1. 초진 시 임상 사진

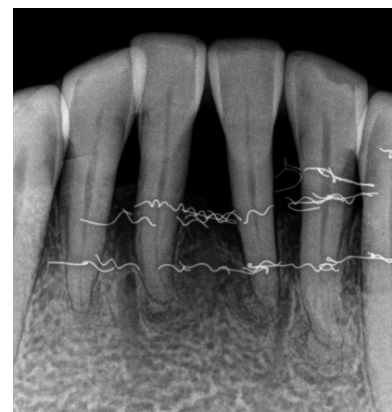


그림 2. 초진 시 임상 및 방사선 사진 사진



그림 3. 구내 Scan data



그림 4. 3D-Printing model 및 clear matrix를 사용한 Model Demo, #31, 41 사이 공간은 부분적 폐쇄를 목표로 하였다.

임상 검사상 하악 전치부(#33-43)에 치은 퇴축이 관찰되었으며, 치은 퇴축량은 약 3-5 mm, 치주낭 깊이는 1-2 mm로 깊은 치주낭은 관찰되지 않았다. 타진 반응(P/R) 음성, 동요도(Mo) 음성, 교합 시 통증 음성이었고, 전기치수검사(EPT)에서 #33-43은 정상 반응을 보였다 (그림 1). 방사선 검사에서 periapical cemento-osseous dysplasia(PCOD) 의증 소견이 관찰되었다 (그림 2).

이상의 소견을 종합하여 #33-43 만성 치주염 및

악 전치부 black triangle로 진단하였다. 치료 계획으로는 #32-42에 대하여 투명 매트릭스(Bioclear Matrix; Bioclear, Tacoma, WA, USA)를 이용한 injection molding technique으로 직접 복합레진 수복을 시행하기로 하였다.

술 전 model (그림 3, 4) 분석에서, #31, 41 치아 사이 공간은 치근 간 거리가 멀고 공간이 넓었다. 해당 부위는 하순선(lower lip line) 아래에 위치하여 노출이 적으므로, 부분적 폐쇄를 목표로 하였다.

치료과정

수복 전 색조 선택(shade taking)을 시행하고, 각 치간부(#31-32, #31-41, #41-42)의 black triangle 크기를 gauge로 측정하였다. 기존 #33-43 resin splint를 제거한 후 러버댐으로 격리하고, 이후 disclosing agent로 biofilm을 염색하여 제거하였다 (그림 5, 6).

법랑질에 대해 Select HV Etch (Bisco, Schaumburg,

IL, USA)를 사용하여 selective enamel etching을 시행하고 수세·건조한 뒤 접착제 All-Bond Universal (Bisco, USA)를 도포하였다. 본 증례에서는 접착제를 복합레진과 함께 중합하는 co-curing 대신, 접착제를 도포 및 air thinning 후 충분히 광중합한 뒤 복합레진을 주입하였다 (그림 7).

Bioclear matrix를 적용하고 흐름성 복합레진 Tetric N-Flow (Ivoclar Vivadent, Schaan,



그림 5. Shade matching (좌: Filtek Easy Match Natural, 우: Warm) 및 Bioclear Gauge 측정



그림 6. 러버댐 장착 및 Disclosing Agent 사용한 biofilm 착색 및 removal



그림 7. Teflon tape로 인접치를 격리하고 selective enamel etching후 접착제를 도포한 사진 .



그림 8. Bioclear matrix와 preheated resin을 사용한 #31,41 수복 과정



그림 9. #32,42 복합레진 수복 과정



그림 10. 마무리 및 연마 과정 임상 사진

Liechtenstein)와 68°C로 예열한 복합레진 Filtek Easy Match (Natural shade, capsule type; 3M, St. Paul, MN, USA)을 주입하여 단계적으로 black triangle을 폐쇄하였다. 먼저 #31,41의 근,원심면을 수복한 뒤, #32,42의 근심면을 순차적으로 수복하였다 (그림 8, 9).

수복 완료 후 Extrafine diamond bur 및 Pogo and Enhance (Dentsply Sirona, Charlotte, NC, USA), polishing wheel 등을 이용하여 인접면과 변연을 마무리·연마하였다 (그림 10). 동요도 검사에서 #31에 동요도가 관찰되어, #42-33 설측에 lingual resin splint를 재시행하였다. 이후 교합 검사 및 방사선 검사로



그림 11. 수복완료 임상사진

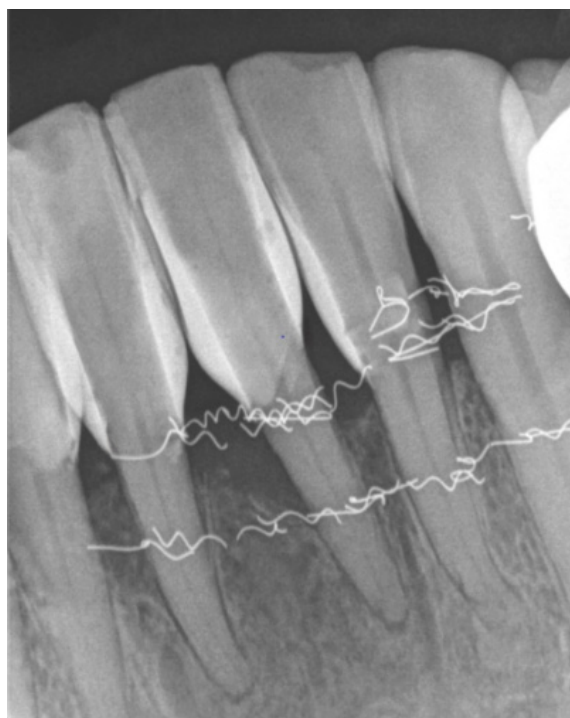


그림 12. 수복 후 XRAY사진



그림 13. 초진, 최종 수복 직후 임상사진



그림 14. 3개월 추적 관찰 후 임상사진

변연 적합과 교합 관계를 확인하였다 (그림 11, 12). 술 전·술 후 임상 사진에서 치간부 dark space의 감소가 확인되었으며 (그림 13), 3개월 추적 관찰 시 수복물은 안정적으로 유지되었고, 환자는 심미적으로 만족하였다 (그림 14).

고찰

본 증례에서는 전통적인 Mylar strip 대신 pre-curved의 해부학적 형태를 갖는 Bioclear matrix를 선택하였다. Bioclear matrix는 치경부와 인접면에 대한 적합이 우수하여, 좁은 하악 전치부 공간에서도 자연스러운 emergence profile과 접촉면 형성을 가능하게 한다. Injection molding technique은 흐름성이 높은 flowable resin을 매트릭스 내로 주입하여 치질에 대한 적합을 극대화함으로써, 술식 민감도를 현저히 낮출 수 있다^[5].

복합레진의 예열(preheating)은 단량체 간 거리를 증가시켜 점도를 낮추고, 중합률(degree of conversion)과 표면 경도를 높이며 변연 적합성을 개선하는 것으로 보고된다^[4]. 예열에 따른 중합수축 응력 증가가 우려될 수 있으나, 실제 임상에서는 가열 장치에서 꺼내는 즉시 복합레진의 온도가 급격히 떨어져 광중합 시점의 온도가 설정 온도만큼 높게 유지되지 않으므로, 최종 중합 응력은 등온 조건에 비해 감소하는 것으로 알려져 있다^[6]. 또한 본 증례에서는 flowable resin을 단독으로 사용하지 않고 filler 함량이 높아 기계적 성질이 우수한 conventional composite resin을 예열하여 병용함으로써, 조작성과

함께 마모 저항성 및 색 안정성을 동시에 확보하고자 하였다.

Bioclear 제조사에서는 접착제를 복합레진과 동시에 중합하는 co-curing 사용을 권장하였다. 하지만 본 증례에서는 이를 시행하지 않았다. Co-curing 시 상아질에 대한 전단결합강도가 유의하게 감소한다는 보고가 있는데^[7,8], 이는 접착제 내 용매의 불안정한 휘발, 복합레진의 중합수축에 의한 resin tag 형성 저해, 그리고 상부 복합레진 층에 의한 광에너지 감쇄로 접착제의 중합이 불충분해질 수 있기 때문이다.

복합레진 수복물은 시간이 지남에 따라 색 안정성과 광택 유지에 한계가 있으며, 정기적인 유지관리 및 표면연마가 장기적 심미성 유지에 필수적이다. 또한 기존에 치주 퇴축과 치주 지지의 감소가 있던 환자이므로, 수복물 자체보다 장기적인 치주 유지관리와 치태 조절이 예후를 좌우할 것으로 생각된다.

결론

Black triangle의 수복에서 직접 복합레진 수복은 최소한의 치아 삭제로 심미적 결과를 얻을 수 있는 보존적 치료 옵션이다. 특히 Bioclear matrix 시스템과 preheated resin을 이용한 injection molding technique을 적용함으로써, 좁은 하악 전치부에서도 보다 심미적이고 예측 가능한 black triangle 수복의 임상적 결과를 달성할 수 있었다. 다만 장기적인 안정성을 위해서는 추가적인 수복물의 유지관리와 치주 안정성 확보가 필수적이다.

참고문헌

- [1] Chatterjee S, Goyal A, Koka V, Goyal N. Black triangle and its management in dentistry: A review article. *Int J Res Health Allied Sci.* 2019;5(1):39-44.
- [2] Nordland WP, Tarnow DP. A classification system for loss of papillary height. *J Periodontol.* 1998;69(10):1124-1126.
- [3] Alsharif SB, Aljahdali B. The use of hyaluronic acid injection for treatment of black triangle and reconstruction of lost interdental papilla in anterior teeth: a systematic review. *Acta Odontol Scand.* 2024;83:371-391.
- [4] Patussi AFC, Ramacciato JC, da Silva JGR, et al. Preheating of dental composite resins: A scoping review. *J Esthet Restor Dent.* 2023;35(4):646-656.
- [5] Veneziani M. Composite injection molding technique. Innovative customized hybrid index and updated clinical procedures: Part 1. *Int J Esthet Dent.* 2025;20(1):22-45.
- [6] Calheiros FC, Daronch M, Rueggeberg FA, Braga RR. Effect of temperature on composite polymerization stress and degree of conversion. *Dent Mater.* 2014;30(6):613-618.
- [7] Chapman JL, Burgess JO, Holst S, Sadan A, Blatz MB. Precuring of self-etching bonding agents and its effect on bond strength of resin composite to dentin and enamel. *Quintessence Int.* 2007;38(8):637-641.
- [8] Vukelja J, Klarić Sever E, Sever I, Jukić Krmek S, Tarle Z. Effect of conventional adhesive application or co-curing technique on dentin bond strength. *Materials (Basel).* 2021;14(24):7664.

CASE REPORTS

자가치아이식술과 직접 복합레진 수복을 이용한 상악 전치부의 심미적 재건

Esthetic Rehabilitation of the Maxillary Anterior Region Using Premolar Autotransplantation and Direct Composite Restoration: A Case Report

정서린*, 최유리나, 성건화, 박수정

Seorin Juhng, Kun-hwa Sung, Yoorina Choi, Su-Jung Park

원광대학교 치과보존학교실

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Wonkwang University

초록

Severe traumatic injury of maxillary anterior teeth in growing patients presents significant esthetic and functional challenges, while implant placement is often limited due to ongoing growth. This case report describes the multidisciplinary management of traumatic crown-root fracture of maxillary central incisors using premolar autotransplantation, orthodontic treatment, and direct composite restoration.

Premolars scheduled for extraction were autotransplanted to the maxillary anterior region, followed by orthodontic tooth movement to optimize tooth position, axial inclination, gingival architecture, and smile esthetics. Diagnostic wax-up and minimally invasive direct composite restoration were subsequently performed to convert the transplanted premolars into maxillary central incisor morphology while preserving enamel for predictable adhesion. Appropriate cervical contour and emergence profile were achieved through additive restorative procedures, contributing to harmonious esthetic integration.

This multidisciplinary approach may provide a predictable and minimally invasive treatment option for esthetic rehabilitation of the anterior region in growing patients.

Key words : Direct composite restoration, Autotransplantation, Esthetic rehabilitation, Emergence profile, Multidisciplinary approach

서론

성장기 환자에서 상악 전치부의 상실은 심미적·기능적으로 큰 영향을 미치며, 임플란트 식립이 제한된

다. 또한 성장 과정에 따른 치조골 및 연조직의 변화로 인해 장기적인 심미성과 기능을 동시에 고려한 치료 계획이 요구된다. 이때 동반된 부정교합이나 공간 문제로 인해 교정치료가 필요한 경우, 발치가 예정된

Corresponding author: Su-Jung Park

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Wonkwang University,
895 Muwang-ro, Iksan-si, Jeollabuk-do, Republic of Korea, 54538

E-mail: conspsj@wku.ac.kr

소구치를 이용한 자가치아이식술은 하나의 치료 대안이 될 수 있다.

그러나 소구치와 상악 중절치 간의 형태학적 차이로 인해 치관 형태, 치은선, emergence profile 등의 심미적 요소를 고려한 추가적인 수복 과정이 필요하다. 본 증례에서는 자가치아이식술 후 직접 복합레진 수복을 통해 상악 전치부의 심미적 재건을 시행한 증례를 보고하고자 한다.

증례

18세 여자 환자가 상악 우측 중절치(#11)의 재파절을 주 소로 원광대학교 치과병원에 내원하였다. 환

자는 약 9년 전 본원 소아치과에서 상악 우측 중절치(#11), 상악 좌측 중절치(#21)의 치관-치근파절 진단 하에 pulpotomy 및 파절편 재부착 치료를 받았으나, 상악 좌측 중절치(#21) 파절편의 반복적인 탈락이 발생하여 본과로 의뢰되었다. 당시 보호자는 임플란트 식립 가능 연령까지 파절편의 장기적인 유지를 원하였고, 이에 상악 우측 중절치(#11), 상악 좌측 중절치(#21)에 근관치료 및 포스트 식립 후 상악 좌측 중절치(#21) 파절편 재부착이 시행되었다 (그림1).

이후 환자는 2025년 3월 #11 파절편의 재탈락을 주소로 재내원하였다. 임상 검사상 #11, 21 모두 자발통 및 타진통은 없었다. #11은 구개측 파절선이 치은연하 약 3 mm까지 연장되었고 치관부 변색 소견이 확인되었다. #21은 파절편이 탈락되지는 않았으나, 치관부에



그림 1. 2018년 내원 당시 치근단 방사선 영상

- (a) #11, 21의 치관-치근파절
- (b) #11, 21의 파절편 재부착
- (c) #21의 파절편 탈락
- (d) #11, 21의 근관치료, 포스트 식립, 코어 수복



그림 2. 초진 시 치근단 방사선 사진 및 임상 사진

- (a) 초진 시 순면 임상 사진. #11 파절편 탈락에 따른 fiber post 노출 및 #11, 21의 변색이 관찰됨
- (b) 초진 시 교합면 임상 사진. #11 치관부 결손, fiber post 노출 및 #11, 21의 변색이 관찰됨
- (c) 초진 치근단 방사선 사진

서 변색 소견이 확인되었다 (그림 2).

한편 환자는 골격성 3급 경향, 상하악 전치부의 총생 및 상악 전치부의 심한 순측경사 등 여러 교정적 문제를 동반하고 있었으며, 임플란트 등 장기적으로 유지 가능한 치료계획을 희망하고 있었다. 이에 본원 교정과 협진 과정에서 발치가 필요한 #35, 45를 #11, 21로 자가치아이식하는 치료 계획을 제안하였다. 환자와 보호자는 이에 동의하였고, #35, 45의 근관치료

및 자가치아이식술, 직접 복합레진 수복을 통한 치관 형태 회복을 계획하였다.

치료과정

#35, 45에 통상적인 근관치료를 시행 후, 본원 구강외과의의 협진 하에 자가치아이식술을 시행하였다.

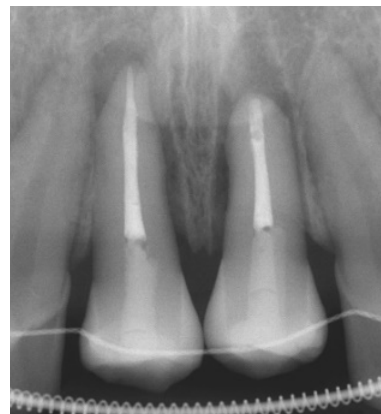


그림 3. 자가치아이식술 후 #11, 21 치근단 방사선 사진 및 임상 사진

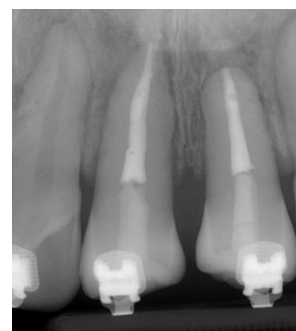


그림 4. 수복 이전 교정적 조정 시행 후 #11, 21 임상 사진 및 방사선 사진



그림 5. 진단용 Wax-up



그림 6. #11, 21 직접 복합레진 수복 과정 임상 사진
(a) 수복 전 최소한의 법랑질 삭제를 시행한 모습
(b) Enamel shell (palatal wall) 형성 후 dentin shade까지 적용한 모습
(c) Contact point 형성을 위해 추가적인 composite build-up을 시행한 모습



그림 7. 초진, 수복 직전, 수복 직후, 3개월 추적 관찰 후 임상 사진

#45는 #11 부위에, #35는 #21 부위에 이식되었다. 구 외시간(extraoral time)은 #11에서 15분, #21에서 5분이었다 (그림 3).

이식된 두 치아는 다소 근심측으로 회전된 양상을 보였으며, 회전의 해소와 상악 중절치의 자연스러운 치축 관계 형성을 위해 교정과 협진 하에 술후 5주부터 교정력을 가하였다 (그림 4).

이후, 진단용 wax-up 상에서, 하악 소구치의 형태

를 상악 중절치 형태로 재구성하였으며, 이를 바탕으로 최종 치관 외형을 설계하였다. 이 과정에서 소구치의 교두 형태를 전치부의 절단면 형태로 전환하고, 교합면을 절단면 형태로 재구성하였으며, 보다 자연스러운 전치부 외형을 위해 볼록한 순면 형태를 상대적으로 편평한 형태로 조정하였다. 또한 교합면은 교정과에서 시행한 교합조정으로 인해 일부 삭제되어 있었으며, 치질 보존을 위해 추가적인 삭제는 시행하지

않았다. 대신 상악 중절치의 해부학적 특징을 재현하고자 설측 융선(cingulum), 설측 와(lingual fossa), 변연융선(marginal ridge)를 포함한 구개측 형태를 부여하였다 (그림 5).

1:100,000 epinephrine 함유 2% lidocaine을 사용하여 #11, 21 순측 침윤마취를 시행하였다. 러버덤을 이용해 격리 후 법랑질의 최소한의 삭제를 시행하여 접착 안정성과 자연스러운 색조 이행을 도모하고자 하였다.

최소한의 법랑질 삭제 후 37% 인산 에칭 및 All-Bond Universal (BISCO, USA)을 도포하였고, Unica Anterior (Polydentia, Switzerland)를 적용 후 CharmFil Flow Blue (Dentkist, Korea)를 이용하여 매트릭스의 위치를 고정하였다.

진단용 wax-up cast를 이용하여 제작한 putty index를 바탕으로 Filtek Z350 XT Enamel A3 (3M ESPE, USA)를 사용하여 enamel shell을 형성하였다. 이후 opaque shade (Flowable OA3)와 dentin shade (Dentin A2)를 이용해 dentin layer를 재현하였으며, body shade (Body A3)를 순차적으로 적용하여 자연스러운 색조 이행을 구현하고자 하였다 (그림 6).

수복 후 3개월 추적 관찰 시 기능적 이상 소견은 관찰되지 않았으며, 이식치의 동요도 증가나 타진 시 금속성 음은 확인되지 않았다. 방사선학적으로도 치근 흡수 또는 치근 유착을 시사하는 소견은 관찰되지 않았으며, 양호한 치주조직 상태를 유지하였다.

고찰

전치부 심미 수복에서는 치아의 위치와 치축 관계가 중요한 요소로 작용한다. 수복 이전에 치아를 수복에 유리한 위치로 이동시키는 것은 치은선과 치간유두, 그리고 전반적인 치은 형태의 조화로운 형성에 도움이 되며, 궁극적으로 보다 자연스럽고 심미적인 미소의 형성에 기여할 수 있다^[1].

본 증례에서는 교정과 협진을 통해 상악 중절치의 자연스러운 치축 관계를 재현하고자 하였으며, 정중선의 정렬과 치아 회전의 해소를 도모하였다. 이 과정에

서 조화로운 치은선의 형성, 치간유두의 재형성, 그리고 하악 전치부 총생의 개선 또한 확인할 수 있었다.

치관의 크기와 비율 역시 중요한 심미 요소이다. 상악 중절치의 이상적인 width-to-length ratio는 일반적으로 0.75-0.85로 알려져 있으나, Luis Álvarez-Álvarez가 진행한 실제 심미 선호도 연구에 의하면 약 0.85의 비율이 가장 높은 심미적 평가를 받았다고 보고하였다^[2].

본 증례에서는 기존 #21과 이식된 소구치의 크기를 비교 분석한 후 진단용 wax-up을 시행하였다. 기존 소구치 형태를 기준으로 치경부 폭경은 약 0.6 mm, 전체 폭경은 약 2-3 mm 증가하도록 설계하였으며, 치관 길이는 기존 #21의 치관 길이인 10.5 mm보다 짧은 약 10 mm로 계획하였다. 치아 이동에 따른 공간 감소로 인해 최종 수복 시 일부 차이는 있었으나, 최종 치관의 폭경 대비 길이 비는 약 0.85로 이상적인 범위에 해당하였다.

치관-치근 파절 치아에서 파절선이 치은연하로 연장된 경우 교정적 정출술은 치아 보존을 위한 유용한 치료 방법으로 알려져 있다. 그러나 정출된 치아에 최종 보철 수복을 시행하는 과정에서 치경부 폭경의 증가와 과풍용(overcontour)이 발생할 수 있으며, 이는 치태 침착 및 치은 염증을 유발하여 치주적 악화를 초래할 수 있는 것으로 보고되고 있다^[3]. 본 증례에서는 치경부 폭이 유사한 치아를 이용한 자가치아이식과 최소삭제 기반의 직접 복합레진 수복을 통해 적절한 치경부 형태를 형성하였으며, 궁극적으로 자연스러운 emergence profile을 재현할 수 있었다.

한편, 본 증례에서 사용한 Unica Anterior (Polydentia, Switzerland)는 치경부와 인접면을 동시에 형성할 수 있으며, 얇은 두께를 지니고 있어 전치부의 해부학적 형태 재현에 유리한 것으로 알려져 있다. 이에 본 증례에서는 Unica Anterior matrix를 활용하여 전치부의 해부학적 형태와 치경부 윤곽을 보다 예측 가능하게 재현할 수 있었다.

자가치아이식술은 장기적으로 치근흡수 및 치근유착 등의 합병증 가능성이 존재하므로, 향후 이에 대한 주기적인 임상적 및 방사선학적 경과관찰이 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 증례에서는 자가치아이식과 직접 복합레진 수복을 병행하여 전치부의 형태 및 심미성을 회복할 수 있었으며, 성장기 환자의 기능적·심미적 재건을 위한 예측 가능한 치료 옵션으로 고려될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Krishnan V, Davidovitch Z. Gingiva and Orthodontic Treatment. Semin Orthod. 2007;13(4):257-271.
- [2] Álvarez-Álvarez L, Celemín-Viñuela A, Peraire M, Del Río J, Roig M. Width/Length Ratio in Maxillary Anterior Teeth: Comparative Study of Esthetic Preferences among Professionals and Laypersons. J Prosthodont. 2019;28(4):416-420.
- [3] Parkinson CF. The Relationship of the Contour of Full Crown Restorations to Periodontal Health. J Prosthet Dent. 1976;35(3):311-315.

CASE REPORTS

서로 다른 장치를 이용한 상악 및 하악 전치부 복합 치관-치근 파절의 교정적 정출

Orthodontic extrusion of complicated crown-root-fractured anterior teeth using different appliances: a case report

김상은*, 전수진, 서민석

Sang-eun Gim, Su-jin Jeon, Min-seock Seo

원광대학교 대전치과병원 치과보존과

Department of Conservative Dentistry, Wonkwang University Daejeon Dental Hospital

초록

This case report describes the management of complicated crown-root fractures affecting both a maxillary and a mandibular central incisor in a single patient, in which the orthodontic extrusion appliance was selected separately for each arch according to arch-specific anatomic and occlusal conditions. A 14-year-old boy presented after trauma with complicated crown-root fractures of the maxillary right central incisor (#11) and the mandibular right central incisor (#41). Tooth #11, which had received emergency pulp extirpation, was managed with root canal treatment, post-and-core restoration, and orthodontic extrusion using a button and an elastic chain. Tooth #41, diagnosed with reversible pulpitis, received vital pulp therapy followed by orthodontic extrusion. Because of a deep bite and limited interocclusal space, a mini-tube appliance with a 0.012-inch nickel-titanium archwire was used for #41, with the tube bonded 3 mm apical to the adjacent tubes. Tooth #41 reached the 3 mm target within approximately 11 days, and pulp vitality was maintained throughout a 6-month follow-up, with periapical bone remodeling observed radiographically. Both fractured incisors were restored with composite resin. Appliance selection guided by arch anatomy allowed conservative restoration of both teeth.

Key words : Crown-root fracture; Orthodontic extrusion; Vital pulp therapy; Mini-tube appliance; Dental trauma

Introduction

A crown-root fracture is a traumatic injury involving enamel, dentin, and cementum,

classified as uncomplicated or complicated according to pulp involvement. It accounts for approximately 5% of traumatic injuries in the permanent dentition^[1]. When the fracture line

Corresponding author: Min-seock Seo

Department of Conservative Dentistry, Wonkwang University Daejeon Dental Hospital,
77, Dunsan-ro, Seo-gu, Daejeon, 35233, Republic of Korea

E-mail: profee@naver.com

extends subgingivally or below the alveolar crest, conservative restoration becomes challenging because of violation of the biologic width^[2], and the prognosis is reported to be unfavorable^[3]. Conservative treatment options other than extraction include fragment reattachment, crown lengthening or gingivectomy, surgical extrusion, and orthodontic extrusion. Among these, orthodontic extrusion is a conservative method that moves the fracture margin coronally to expose it while minimizing reduction of the adjacent teeth and periodontal tissues^[4].

However, appliance selection should be tailored to the fracture morphology and to the anatomic conditions of the affected arch. In the present case, complicated crown-root fractures that occurred simultaneously in the maxillary and mandibular anterior teeth of a single patient were extruded using different appliances for each arch, and in

the mandibular central incisor extrusion was performed after vital pulp therapy. We report the clinical course and the considerations involved.

Case presentation

A 14-year-old boy presented the day after trauma with a chief complaint that his teeth had been fractured after being hit by a ball while playing baseball. His medical history was unremarkable, with no known drug allergies. Immediately after the trauma, emergency pulp extirpation of tooth #11 had been performed at a local clinic (**Fig. 1**). Tooth #11 showed a complicated crown-root fracture with most of the coronal structure lost, and the palatal fracture line was located approximately 3 mm subgingivally. Tooth #41 had a mobile fracture fragment; after the



Fig. 1. Clinical and periapical radiographic images of tooth #11 and #41 at the initial visit.



Fig. 2. Clinical photograph after removal of the fracture fragment of tooth #41

fragment was removed under local anesthesia, the mesial fracture line was located approximately 4-5 mm below the interdental papilla, with a thinly chipped portion of about 2 mm (**Fig. 2**). Tooth #11 was diagnosed as a previously initiated tooth with normal apical tissue, and tooth #41 as reversible pulpitis with normal apical tissue. Accordingly, tooth #11 was planned for root canal treatment and orthodontic extrusion, with post-and-core restoration and Class IV restoration. Tooth #41 was planned for vital pulp therapy and orthodontic extrusion, with a Class IV restoration. After consultation with the guardian and in consideration of the planned comprehensive orthodontic treatment, the teeth were first restored with composite resin, with the definitive restoration to be reevaluated after orthodontic treatment was completed.

Treatment

1. Mandibular central incisor (#41)

Considering that the patient presented within 24 hours of the trauma, vital pulp therapy was performed on the day of the visit with the goal of

preserving pulp vitality. A partial pulpotomy was performed on the exposed pulp; after achieving hemostasis within 5 minutes using a cotton pellet soaked in sodium hypochlorite, a calcium silicate-based material (Well-Root PT, Vericom, Korea) was applied, and the tooth was provisionally restored with glass ionomer cement (**Fig. 3**).

When designing the appliance for orthodontic extrusion, it was considered that the deep bite left insufficient space for appliance placement and that crown reduction was limited because of the goal of preserving pulp vitality. If a conventional button and elastic appliance bonded to the opposing arch were used, the extrusion path could tilt labially or occlusal interference could occur. If such an appliance were placed on the mandibular arch, there would be no space for appliance attachment. Therefore, orthodontic extrusion using a 0.012-inch nickel-titanium archwire and a mini-tube appliance was planned. Owing to its shape-memory properties, the nickel-titanium archwire slides along the adjacent tubes as extrusion proceeds and delivers a relatively constant, light, continuous force.

To avoid unnecessary orthodontic force on adjacent teeth, the archwire was passively ligated by bypassing the lingually crowded #32 and #42.



Fig. 3. Vital pulp therapy of tooth #41.



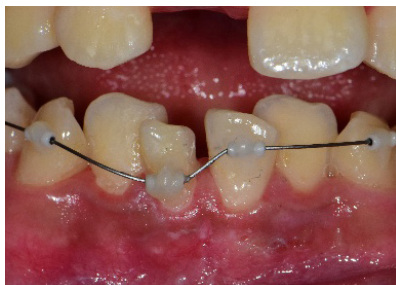
Fig. 4. Placement of the mini-tube appliance and 0.012-inch nickel-titanium archwire on tooth #41

For #41, the tube was bonded approximately 3 mm apical to the adjacent tubes to target 3 mm of extrusion, and the design allowed the extrusion to be self-limiting once the archwire became level (**Fig. 4**). The 3 mm target was chosen because, although the fracture line was located 4-5 mm below the

interdental papilla, the thinly chipped portion of about 2 mm could be expected to heal with gingival tissue^[1].

By day 4 approximately 2 mm of extrusion was observed, and by day 11 the archwire had straightened, achieving approximately 3 mm of extrusion. A supracrestal fiberotomy was performed under local anesthesia at each visit. Upon confirming exposure of the mesial fracture line, extrusion was terminated, followed by occlusion adjustment, retainer bonding, and an 11-week stabilization period (**Fig. 5**).

Approximately 3 months after completion of extrusion, a Class IV composite resin restoration was performed. After placement of a gingival retraction cord, etching and bonding (Scotchbond Multi-Purpose, 3M, St. Paul, MN, USA) were



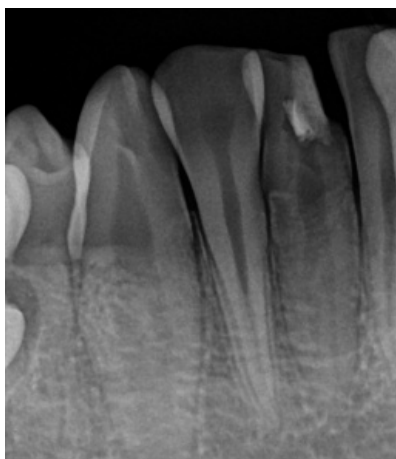
(A) day of extrusion



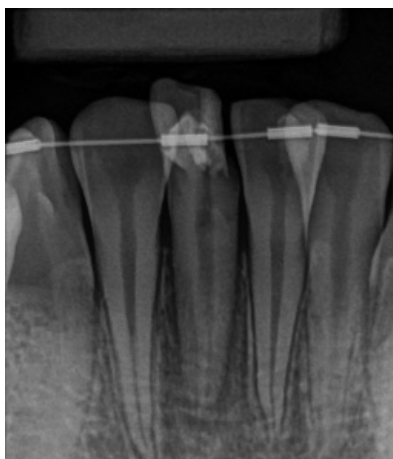
(B) day 11



(C) retainer placement



(D) day of extrusion



(E) day 11



(F) retainer placement

Fig. 5. Course of orthodontic extrusion of #41



Fig. 6. Class IV composite resin restoration of tooth #41



Fig. 7. Serial periapical radiographs of tooth #41

performed; the proximal surface was built up using a Bioclear matrix (Bioclear, Tacoma, WA, USA) and a flowable composite resin (Estelite A2, Tokuyama Dental, Japan); and the body and enamel of composite resin (shade A2; Filtek Z350, 3M, St. Paul, MN, USA) were layered (**Fig. 6**). During the 6-month follow-up, the tooth showed consistently positive responses to cold and electric pulp testing, indicating maintained pulp vitality; percussion and mobility were negative; and periapical bone remodeling was observed at 3 and 6 months (**Fig. 7**).

2. Maxillary central incisor (#11)

During the extrusion period of tooth #41, root canal treatment and post-and-core restoration of

tooth #11 were performed (**Fig. 8**). Subsequently, orthodontic extrusion was performed using a button and an elastic with teeth #13-23 serving as anchorage. Approximately 1 mm of extrusion was achieved by day 7, and on day 21 the extrusion rate decreased, so the elastic was replaced. By day 30, approximately 2 mm of extrusion was achieved, falling short of the 3 mm target. Because the patient was a baseball player and complained of discomfort from the appliance, extrusion was terminated, and the insufficient amount of extrusion was compensated for by palatal crown lengthening to obtain a ferrule (**Fig. 9**). The tooth was then restored with composite resin, and the definitive crown restoration was planned to be reevaluated after completion of orthodontic treatment (**Fig. 10**).



Fig. 8. Root canal treatment and post-and-core restoration of tooth #11.



Fig. 9. Course of orthodontic extrusion of tooth #11 and composite resin restoration.



Fig. 10. Clinical photographs at the initial visit and at 4 and 6 months postoperatively.

Discussion

Compared with extraction or surgical extrusion, orthodontic extrusion is a conservative option that can preserve the natural tooth and periodontal tissues^[4]. In the present case, different appliances were used for the two teeth because the arch conditions differed. For #11, the space for appliance placement was sufficient, so a conventional button and elastic appliance could be used. For #41, a deep bite and limited interocclusal space made attachment of a conventional appliance difficult, so a mini-tube appliance was selected. In this case, the mini-tube appliance was a useful alternative for a mandibular incisor with limited space.

For #41, orthodontic extrusion was performed after vital pulp therapy, and pulp vitality was maintained. Bauss et al. reported that maxillary incisors with a history of luxation injury are more susceptible to pulp necrosis during extrusion than non-traumatized teeth^[6]. #41 had no luxation injury, thereby excluding it from this high-risk category. In addition, unlike intrusion, extrusive force does not produce compression in the apical region, and Brodin et al. reported no significant change in pulpal blood flow during extrusion.^[7] The calcium silicate-based material used for the partial pulpotomy (Well-Root PT) exhibits excellent biocompatibility, sealing ability, and moisture stability^[8]. Consequently, it is thought to have provided a stable protective barrier over the exposed pulp, thereby preserving pulp vitality during orthodontic extrusion^[9]. However, as this is a single case, generalization is limited.

The extrusion rate of #41 was about 1.9 mm per week, which was somewhat faster than the mean of approximately 1.5 mm per week reported in a systematic review^[4]. This relatively rapid tooth movement may be attributed to a combination

of the continuous, constant force delivered by the nickel-titanium archwire, the low resistance of the single-rooted mandibular central incisor in the direction of extrusion, the unobstructed extrusion path resulting from the fracture of the opposing tooth, and the absence of proximal contacts. To reduce relapse after rapid extrusion^[5], a supracrestal fiberotomy was performed at each visit and a stabilization period of approximately 11 weeks was given. Because the extrusion rate is difficult to predict precisely in advance, short-interval monitoring is necessary.

With regard to the restoration, orthodontic extrusion moved the fracture margin supragingivally, which facilitated adaptation of the matrix for the proximal restoration. However, restoration of tooth #11 was challenging owing to the extensive fracture. Considering the young age of the patient, shade A2 was used; however, the restoration appeared brighter than the adjacent teeth, and shade A3 might have provided a better shade match. As this is a single case with only a 6-month follow-up, further observation is needed to evaluate the long-term pulpal prognosis and periodontal stability.

Conclusion

In the present case, selecting the orthodontic extrusion appliance according to the anatomic and occlusal conditions of each arch enabled conservative restoration of both anterior teeth. The mini-tube appliance was a useful option for the mandibular central incisor with limited interocclusal space. Furthermore, orthodontic extrusion following vital pulp therapy successfully achieved the target movement while preserving pulp vitality.

References

- [1] Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L. Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth. 5th ed. Oxford: Wiley-Blackwell; 2019.
- [2] Gargiulo AW, Wentz FM, Orban B. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *J Periodontol.* 1961;32:261-267.
- [3] Padbury A Jr, Eber R, Wang HL. Interactions between the gingiva and the margin of restorations. *J Clin Periodontol.* 2003;30(5):379-385.
- [4] Reichardt E, Krug R, Bornstein MM, Tomasch J, Verna C, Krastl G. Orthodontic forced eruption of permanent anterior teeth with subgingival fractures: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(23):12580.
- [5] Huang G, Yang M, Qali M, Wang TJ, Li C, Chang YC. Clinical considerations in orthodontically forced eruption for restorative purposes. *J Clin Med.* 2021;10(24):5950.
- [6] Bauss O, Schäfer W, Sadat-Khonsari R, Knösel M. Influence of orthodontic extrusion on pulpal vitality of traumatized maxillary incisors. *J Endod.* 2010;36(2):203-207.
- [7] Brodin P, Linge L, Aars H. Instant assessment of pulpal blood flow after orthodontic force application. *J Orofac Orthop.* 1996;57(5):306-309.
- [8] Eskandari F, Razavian A, Hamidi R, Yousefi K, Borzou S. An Updated Review on Properties and Indications of Calcium Silicate-Based Cements in Endodontic Therapy. *Int J Dent.* 2022;2022:6858088.
- [9] Kang CM, Seong S, Song JS, Shin Y. The role of hydraulic silicate cements on long-term

properties and biocompatibility of partial pulpotomy in permanent teeth. *Materials (Basel).* 2021;14(2):305.

CASE REPORTS

상악 전치의 외상성 치경부 외흡수의 MTA 수복 Endocem MTA repair of Trauma-induced External cervical resorption

김서경
Seo-Kyong Kim

가천대 길병원 치과보존과
Department of Conservative Dentistry, Gachon University Gil Medical Center

초록

External cervical resorption (ECR) is a pathological condition that originates at the cervical region of the tooth and may progressively invade the dentin, and occurs when infection is superimposed on a traumatic injury. This case presents an external cervical resorption occurring in maxillary lateral incisor, following damage in cervical cementum from avulsion. Surgical debridement followed by Endocem MTA repair successfully arrested the resorptive process and preserved the affected tooth. Careful long-term follow-up is required to monitor the stability of the treatment outcome.

Key words : External cervical resorption, Dental trauma, Surgical flap, MTA repair, Endocem MTA

서론

치경부 치근 외흡수 (External Cervical Resorption, ECR)는 치경부에서 시작되어 상아질로 진행되는 치근흡수의 한 형태로, 치아외상, 교정치료, 치주치료 및 내부 미백 등이 주요 위험인자로 알려져 있으며, 특히 치아 외상은 치주인대와 백악질 손상을 유발하여 치경부 외흡수 발생과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되고 있다^[1,2]. 최근에는 Cone Beam Computed Tomography (CBCT)가 흡수부위의 위치와 범위를 3차원적으로 평가할 수 있어 진단 및 치료계획 수립에 유용한 도구로 활용되고 있다^[3,4]. 또한

병소 제거 후 적절한 수복은 치근흡수의 진행을 억제하고 치아를 보존하는 데 중요한 역할을 한다. MTA (Mineral trioxide aggregate)는 우수한 생체적합성과 밀폐성을 바탕으로 치근흡수 수복에 효과적인 재료로 알려져 있다^[5].

본 증례에서는 만10세 여환에서 상악 측절치의 완전탈구 및 치조골 골절을 동반한 외상 후 발생한 치경부 외흡수를 CBCT를 이용하여 진단하고, 치주판막수술 후 Endocem MTA로 수복하여 양호한 임상적 및 방사선학적 결과를 얻었기에 이를 보고하고자 한다.

Corresponding author: Seo-Kyong Kim, DDS, MS

Department of Conservative Dentistry, Gachon University Gil Medical Center, 34, Namdong-daero 774 beon-gil, Namdong-gu, 21565, Incheon, Republic of Korea

Tel : 032-460-3379 / E-mail: dentalcons@gilhospital.com

증례

만 10세 여자 환자가 침대에서 떨어져 안면부 외상을 입은 후 본원 응급실을 통해 본과에 의뢰되었다. 응급실 기록상 #11, #21 치아는 측방탈구 (lateral luxation), #22 치아는 완전탈구 (avulsion)로 진단되었으며, #11, #21, #22 치아를 포함한 치조골 골절 (alveolar bone fracture)이 동반되어 있었다. 응급실에서 #11, 21 치아 정복, #22 치아 재식 후 #13-24 치아까지 레진-와이어 고정 (Resin-Wire Splint, RWS)이 시행된 상태로 내원하였다 (그림 1).

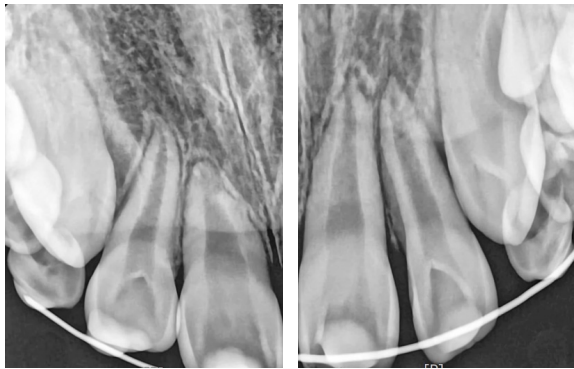


그림 1. 초진 시 치근단 방사선 사진

초진 시 환자는 상악 전치부 통증을 호소하였고, 임상 검사 결과 #21 및 #22 치아는 전기치수검사 (Electric Pulp Test, EPT)에서 음성 반응을 보였으며, 타진 검사에서는 양성 반응을 나타냈다. #11 치아는 EPT에서 생활력을 나타내는 반응을 보였으나 정상치보다 높은 수치를 나타냈다. 1주 후 재내원 시 #11, #21 및 #22 치아 모두 EPT에서 음성 반응을 보였으며, 환자는 통증의 증가를 호소하였다. 이에 #11, 21, 22 치아를 치수괴사 (pulp necrosis)로 진단하고 근관치료를 시작하였다.

치료과정

#11, #21 및 #22 치아에 1:10만 epinephrine 함유 2% lidocaine 국소마취하였다. 구개측으로 근관와동을 형성한 후 전자근관장 측정기 (DentaPort ZX, J.

Morita Corp., Tokyo, Japan)를 이용하여 근관장을 측정하였다. 이후 K-file 및 ProTaper Gold Ni-Ti file (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)을 이용하여 근관을 단계적으로 성형하였으며, 각 파일 사용 단계마다 5.25% sodium hypochlorite (NaOCl)를 이용하여 충분한 근관 세척을 시행하였다. 근관 성형 후 페이퍼 포인트로 근관을 건조시키고 멸균 면구와 임시 수복재를 이용하여 근관 와동을 밀봉하였다. 외상 후 발생할 수 있는 치근흡수를 예방하기 위해 수산화칼슘 (calcium hydroxide) 근관내 점약을 사용하였으며, 약 3개월 후 임상 증상의 소실을 확인한 뒤 gutta-percha cone (DiaDent, Korea)과 bioceramic sealer인 CeraSeal (META BIOMED, Korea)을 이용하여 가압근관충전을 시행하였다. 이후 근관와동은 LuxaCore® (DMG, Hamburg, Germany)로 수복하였다 (그림 2).

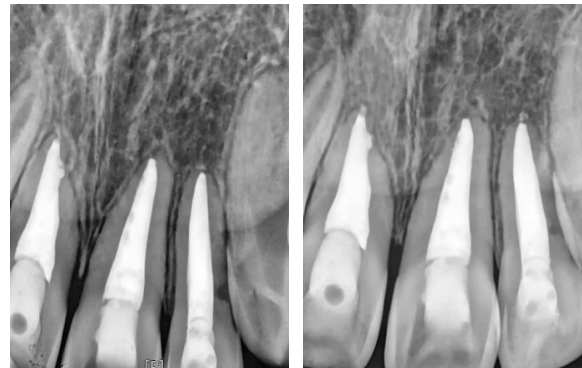


그림 2. 근관충전 직후 (좌), 충전 6개월후 (우) 치근단 방사선 사진

근관충전 직후 및 6개월 경과관찰 시 촬영한 치근단 방사선 사진에서 #22 치아 원심측 치경부 흡수 부위가 증가하는 소견이 관찰되었다 (그림 2). #22 치아에 재신경치료를 시도하였으나, 재신경치료 과정 중 흡수 병소와 근관 내부가 이미 관통 (Perforation)상태임이 확인되어, 비외과적 접근만으로는 완벽한 밀폐가 불가능하다고 판단하였다. 이에 전층 판막 거상술을 통한 외과적 접근을 결정하였다. 병소의 정확한 위치와 범위를 평가하기 위해 Cone Beam Computed Tomography (CBCT)를 촬영하였고, 원심측 치경부 외흡수 부위를 확인하였다 (그림 3).

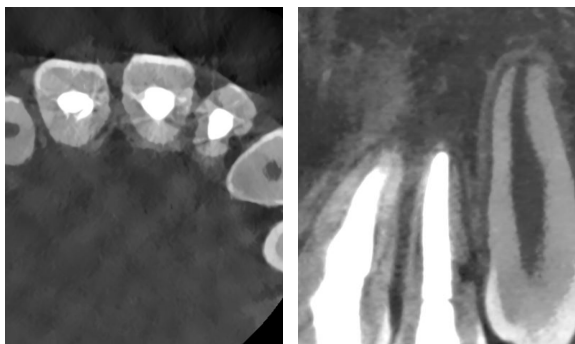


그림 3. 술전 #22 치아 원심측 치경부 외흡수 부위의 CBCT영상

국소마취는 1:100,000 epinephrine을 함유한 2% lidocaine을 사용하였다. 열구내 절개를 통해 전층 판막 (full-thickness flap)을 거상한 후 #22 치아 원심측 치경부 흡수 병소를 노출시켰다. 병소 내 육아조직을 치주용 큐렛으로 제거하고 저속 round bur를 이용하여 결손 부위를 정리한 후 Endocem MTA (Maruchi, Wonju, Korea)를 이용하여 수복하였다 (그림 4). 수술 1주 후 양호한 연조직 치유 양상을 확인하였다 (그림 5).

이후 3개월 및 6개월 경과관찰 시 수복 부위는 안정적으로 유지되었고 추가적인 치근흡수의 진행은 관



그림 4. 판막수술 및 Endocem MTA 수복 직후 치근단 방사선 사진



그림 5. Flap op 1주후 임상 사진

찰되지 않았다 (그림 6). 또한 환자는 임상 증상을 호소하지 않았으며, 해당 치아는 정상적인 타진 반응과 생리적 동요도를 나타내었다. 현재까지 양호한 임상적 및 방사선학적 결과를 보이고 있으며 지속적인 추적 관찰을 시행할 예정이다.

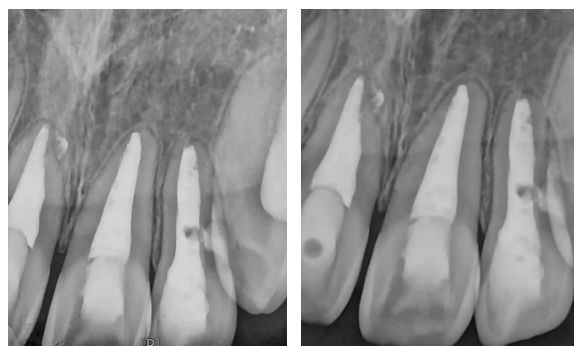


그림 6. Flap op후 각각 3개월, 6개월 경과관찰시 치근단 방사선 사진

고찰

치경부 외흡수 (external cervical resorption, ECR)는 치아의 치경부 부위에서 시작되어 상아질로 진행되는 치근흡수 형태이며^[1], 치아외상, 교정치료, 치주치료, 내부 미백 및 수술적 처치 등이 주요 위험 인자로 알려져 있다^[1,2]. 특히 치아 외상은 치경부 부위의 백악질(cementum) 및 치주인대 손상을 유발하여 파골세포성 세포의 부착을 촉진하고, 이후 진행성 치근흡수를 초래할 수 있다^[1]. 본 증례에서는 완전탈구 및 치조골 골절을 동반한 심한 외상 병력이 있었으며, 이로 인한 치경부 조직 손상이 치근흡수 발생의 주요 원인으로 판단된다.

외상성 치아 손상 후 발생하는 치근흡수는 표면흡수(surface resorption), 염증성 치근흡수 (inflammatory root resorption), 대체성 치근흡수 (replacement resorption) 및 치경부 외흡수로 구분된다^[3]. 이 중 치경부 외흡수는 일반적인 치근단 방사선 사진만으로는 병소의 정확한 범위와 위치를 파악하기 어려우며^[1,4], 본 증례에서도 정확한 진단을 위한 CBCT촬영을 통해 #22 치아 치경부 흡수병소의 범위와 위치를 정확히 확인할 수 있었으며, 이를 바탕으로

치주판막수술을 동반한 수복 치료를 계획할 수 있었다.

치경부 외흡수의 치료 목적은 흡수 조직을 완전히 제거하고 결손 부위를 생체친화적인 재료로 수복하여 흡수 진행을 차단하는 데 있다^[1,2]. 병소가 치은연 하방에 위치한 경우에는 외과적 접근이 필요하며, 판막 거상 후 육아조직 제거와 치근면 수복이 일반적으로 시행된다^[2]. 본 증례에서는 전층 판막을 거상하여 병소를 직접 노출시킨 후 치주용 큐렛을 이용해 육아조직을 제거하고, 저속 round bur로 결손 부위를 정리한 뒤 Endocem MTA를 이용하여 수복하였다.

MTA(Mineral trioxide aggregate)는 우수한 생체 적합성, 밀폐성 및 경조직 유도능으로 인해 치근 천공, 치근단 수술 및 치경부 외흡수 수복에 널리 사용되고 있다^[6]. 특히 MTA는 치주인대 세포의 부착과 증식을 촉진하고 백악질 형성을 유도하는 것으로 보고되어 치근 표면과 인접한 결손부 수복에 적합한 재료로 평가받고 있다^[6,7]. Endocem MTA는 기존 MTA의 긴 경화시간을 개선한 국내 개발 재료로서 우수한 생체 적합성과 밀폐성을 유지하면서도 빠른 경화 특성을 갖는 것으로 보고되었다^[8]. 본 증례에서는 Endocem MTA를 이용하여 결손부를 수복하였으며, 수술 후 6개월까지 임상적 및 방사선학적으로 안정적인 결과를 확인할 수 있었다.

외상 치아에서 발생한 치경부 외흡수는 적절한 치료 후에도 재발 가능성이 존재하므로 지속적인 추적관찰이 중요하다^[1,2]. 본 증례에서는 정기적인 방사선 추적검사를 통해 치경부 흡수 진행을 조기에 발견하여, CBCT를 활용한 진단과 수술적 접근을 통한 Endocem MTA 수복으로 추가적인 흡수 진행을 억제하고 치아를 보존할 수 있었다. 6개월 경과관찰시 양호한 임상적 및 방사선학적 결과를 보이나 치경부 외흡수는 수년 후에도 재발 또는 진행할 가능성이 있으므로 장기적인 임상 및 방사선학적 추적관찰이 필요할 것으로 생각된다^[1,2].

결론

외상 후 발생한 치경부 외흡수의 치료에 있어 조기 진단과 적절한 수술적 접근 및 MTA 수복은 치아 보

존을 위한 예지성 있는 치료 방법이 될 수 있을 것으로 생각되며, 정기적인 임상 관찰과 방사선 사진 촬영을 통해 장기적으로 모니터링하는 것이 성공적인 치료 결과를 위해 중요하다.

참고문헌

- [1] Patel S, Mavridou A, Lambrechts P, Saberi N. External cervical resorption-part 1: Histopathology, distribution and presentation. *Int Endod J*. 2018 Nov;51(11):1205-1223.
- [2] Heithersay GS. Invasive cervical resorption following trauma. *Aust Endod J*. 1999 Aug;25(2):79-85.
- [3] Andreasen JO, Andreasen FM, Andersson L. Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth. 5th ed. Oxford: Wiley-Blackwell; 2018.
- [4] Patel S, Foschi F, Condon R, Pimenta JA, Bhuva B. External cervical resorption: Part 2. Management. *Int Endod J*. 2018 Nov;51(11):1224-1238.
- [5] Patel S, Kanagasingam S, Pitt Ford T. External cervical resorption: A review. *J Endod*. 2009 May;35(5):616-625.
- [6] Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 1999 Mar;25(3):197-205.
- [7] Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: A comprehensive literature review-Part I: Chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod*. 2010 Jan;36(1):16-27.
- [8] Choi Y, Park SJ, Lee SH, Hwang YC, Yu MK, Min KS. Biological effects and washout resistance of a newly developed fast-setting pozzolan cement. *J Endod*. 2013 Apr;39(4):467-472.

CASE REPORTS

CAD-CAM index와 Pre-Heated Composite Resin을 이용한 국소적 마모 수복

Restoration of Localized Wear with Pre-fabricated CAD-CAM index and Pre-Heated Composite Resin

김민석*, 장지현

Min-Seok Kim, Ji-Hyun Jang

경희대학교 치과대학 치과보존학교실

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University

초록

Tooth Wear is a multifactorial pathology resulting from tooth clenching habits, bruxism, gastroesophageal reflux disease, and all of these factors combined. If left untreated, these lesions may progress to dentin hypersensitivity, pulpal involvement, and a gradual loss of vertical dimension of occlusion, compromising both esthetics and masticatory function.

An injection molding technique can be utilized to restore localized wear facets conservatively. This approach accurately reproduced the patient's existing occlusal scheme while completely avoiding the removal of sound tooth structure and reducing clinical chair time. The following case presents localized wear facets which were restored by using a pre-fabricated CAD-CAM index combined with preheated composite resin to maximize adaptation to the tooth substrate. This technique may serve as a convenient, time-efficient, and minimally invasive alternative to indirect restorations, offering predictable results for patients with localized occlusal wear and minimal restorative space.

Key words : Localized wear, Injection molding technique, CAD-CAM Index, Preheated composite resin

서론

치아마모는 발생 원인에 따라 교모(attrition), 침식(erosion), 마모(abrasion)으로 나뉘며, 부정교합, 이갈이(bruxism), 위식도 역류성 질환에 의해 촉발될 수 있다. 마모가 진행되어 상아질이 노출된다면, 화학적,

기계적 자극은 마모의 진행을 촉발할 수 있으며, 환자의 수직고경의 감소로 이어질 수 있다^[1]. 치아마모의 유병률은 점차 증가하는 추세이며, 이에 따라 임상에서 그 원인을 정확히 감별하고 조기에 적절한 수복 계획을 수립하는 것이 장기적인 치료 예후에 중요한 영향을 미친다.

Corresponding author: Ji-Hyun Jang, DDS,MSD, PhD

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Kyung Hee University

Kyungheedaero 26, Dongdaemun-gu, Seoul, Republic of Korea, 02447

E-mail: jangjihyun@khu.ac.kr

치아마모의 치료로는 복합레진, 세라믹 재료를 이용한 보철적 수복방법이 고려될 수 있으며, 특히 복합레진은 제한된 공간에서 최소침습적으로 수복할 수 있다는 장점이 있다^[2]. 간접 세라믹 수복물은 우수한 기계적 물성과 심미성을 제공할 수 있으나 비교적 많은 치아 삭제량과 긴 chair time을 필요로 하는 반면, 직접 복합레진 수복은 상대적으로 적은 내원 횟수와 최소한의 치질 삭제만으로 시행할 수 있어 국소적인 마모 병소의 수복에 유리하다.

Injection molding technique은 미리 제작된 matrix와 흐름성을 높인 pre-heated composite resin을 이용하여 치질에 대한 적합성을 극대화하고 술식 민감도를 낮출 수 있는 방법으로 보고되고 있다^[3]. 특히 pre-heated composite resin은 일반적인 복합레진에 비해 흐름성이 증가하여 index 내부의 미세한 형태를 보다 정확하게 재현할 수 있으며, 기포 형성 및 공극 발생을 줄여 수복물의 물리적 성질과 변연 적합성을 향상시킬 수 있다. 본 증례에서는 국소적 마모를 최소침습적으로 수복하는 데 있어 CAD-CAM index와 pre-heated composite resin을 활용한 injection

molding technique 증례를 소개하고자 한다.

증례

68세 남자 환자가 좌측 하악 제 1,2 소구치가(#34, 35) 혀로 만졌을 때 불편하다는 주소로 내원하였다. 임상검사 결과, 좌측 하악 제 1,2 소구치 및 하악 대구치(#34, #35, #36)에 중증도의 치아마모가 관찰되었으며, 좌측 하악 제 2소구치(#35)는 air 검사에 양성 반응을 보였다.

이러한 마모는 정출 및 회전된 상악 제 2소구치(#25)와 관련된 것으로 판단되었으며, 따라서 상악 제 2소구치(#25)에 대해 교정 및 보철 수복 후 하악 구치부의 마모에 대한 수복이 권장되었으나, 환자는 어떠한 치아삭제도 원하지 않았다. 따라서 #34와 #35의 기존 마모면을 복합레진으로 직접 수복하는 최소침습적 치료를 계획하였다.

#34와 #35를 단순히 본래의 해부학적 형태로 회복할 경우, 환자의 현재 교합관계에서 심한 교합간섭



Fig 1. 초진 시 임상 사진

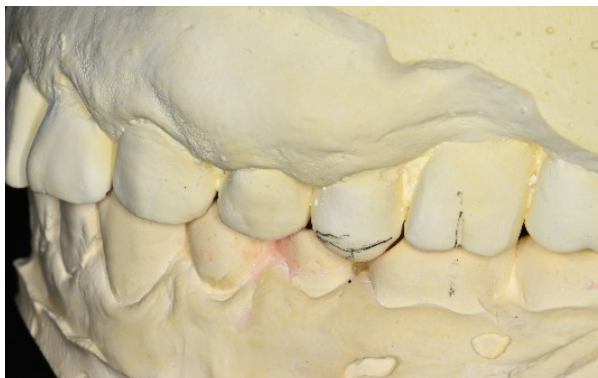


Fig 2: 진단모형 상 조건



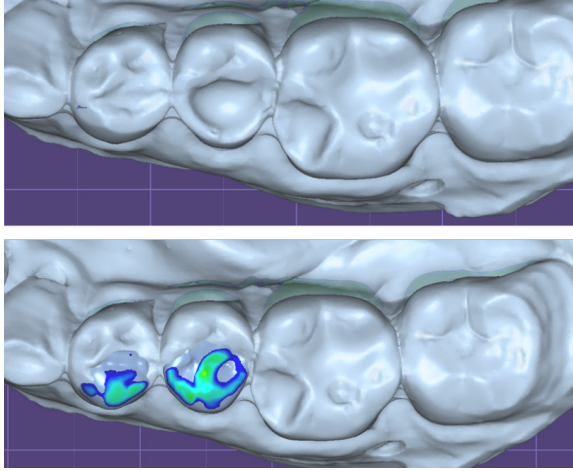


Fig 3. 모형 스캔 및 진단 왁스업 후

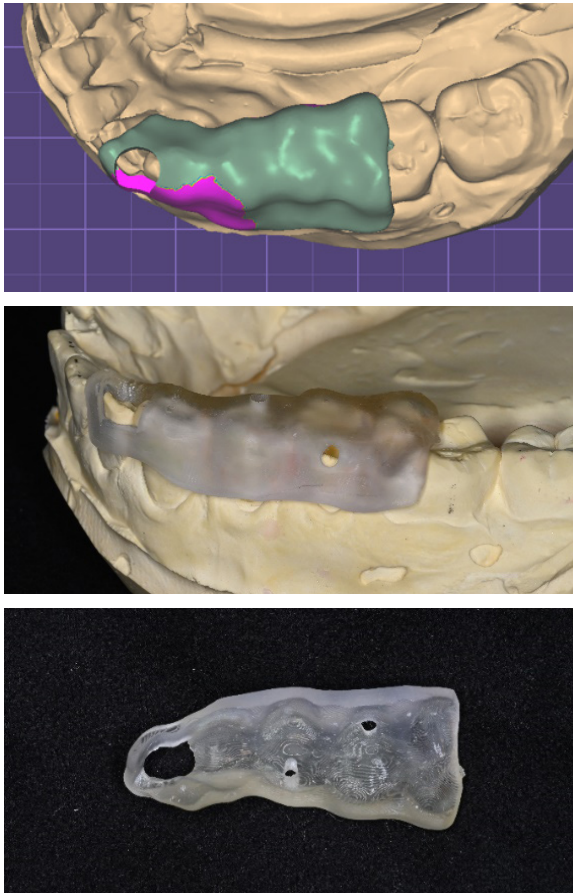


Fig 4. 가이드 제작 및 시적 후 사진

이 발생할 것으로 예상되었으며, 따라서 최종 해부학적 형태는 환자의 기존 교합관계를 기준으로 설계하였다. Chair time과 교합조정 과정에서의 환자의 불

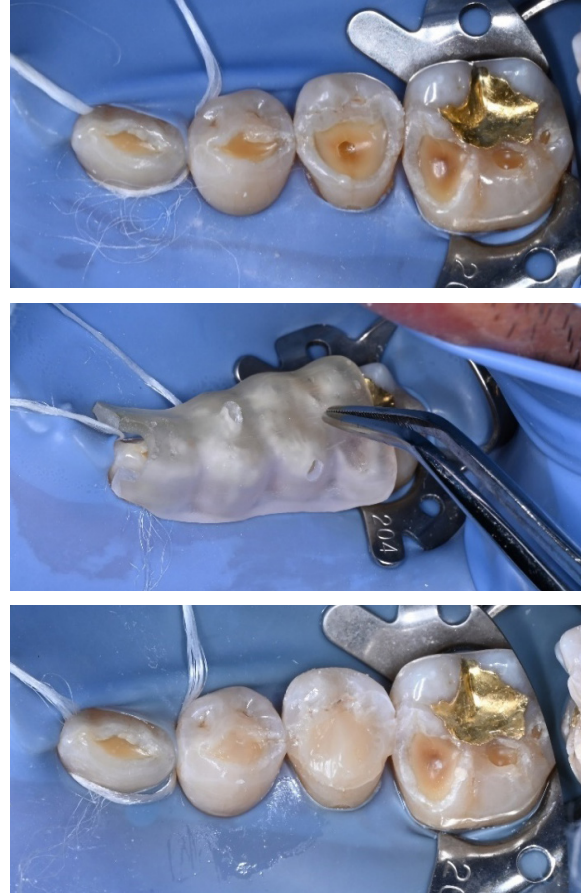


Fig 5. 술식 과정 (러버댐 장착 후, 가이드 시적 후, Pre-heated composite resin 주입 직후)

편감을 줄이기 위해 digital wax-up을 기반으로 제작한 CAD-CAM index를 이용한 injection molding technique을 선택하였다.

Digital wax-up은 Exo Cad를 이용하여 시행하였고, CAD-CAM index는 3D printer (Raydent, Seoul, Republic of Korea)를 이용하여 제작하였다. 제작된 index의 적합 확인 후 compule tip을 삽입할 수 있도록 index에 injection hole을 형성하였다.

Rubber dam isolation 후 CAD-CAM index를 구내에서 적합 확인하였다. 경화 상아질을 얇게 제거 후 치질은 37% phosphoric acid로 selective enamel etching하였고, All-Bond Universal (Bisco Inc., Schaumburg, IL, USA)을 이용하여 접착 시행하였다. 수복물의 색조안정성을 최대화하기 위해 nanofilled 복합레진인 Solventum™ Filtek™



Fig 6. 교합 조정 및 연마 직후



Fig 7. 술전 및 술후 방사선 사진

Easy Match Universal Restorative (Solventum Corporation, St. Paul, MN, USA)의 Warm shade 를 Solventum™ Filtek™ Composite Warmer (Solventum Corporation, St. Paul, MN, USA)를 활용하여 60°C로 예열 (pre-heated) 후 index를 통해 주입하였다. 이후 Elipar™ S10 LED Curing Light (Solventum Corporation, St. Paul, MN, USA)로 20초 광중합 후 index 제거 후 추가 광중합 시행하였다. 광중합 후 수복물의 형태를 다듬고 교합조정 후 연마를 시행하였다.

고찰

본 증례는 국소적인 마모 및 수복재료를 위한 공간이 부족한 증례에서 복합레진을 이용하여 수복한 증례이며, 술식의 간편성, 적절한 해부학적 형태의 부여 및 술 후 교합관계를 고려하여 injection molding technique를 사용하였다.

Injection molding technique은 흐름성이 높은 레진을 미리 제작한 matrix 내로 주입하여 치질에 대

한 적합을 극대화함으로써, 술식 민감도를 낮출 수 있다^[3]. Freehand 방식으로 복합레진을 직접 수복할 경우 술자의 숙련도에 따라 해부학적 형태의 재현성에 편차가 발생할 수 있고, 반복적인 형태 수정 과정에서 chair time이 길어질 수 있는 반면, 본 증례와 같이 진단 wax-up을 기반으로 제작된 index를 이용할 경우 술 전 계획된 형태를 보다 예측 가능하게 재현할 수 있다는 장점이 있다. 흐름성이 높은 레진으로는 flowable resin부터 injectable composite resin등이 있으나, 높은 저작압과 제한된 수복재료의 공간, 구치부에서 요구되는 재료의 물성을 고려하여 본 증례에서는 flowable resin을 사용하지 않고 filler 함량이 높아 기계적 성질이 우수한 nanofilled 복합레진을 pre-heating하여 사용함으로써 마모 저항성 및 색안정성을 동시에 확보하고자 하였다^[4]. 복합레진의 preheating은 중합률(degree of conversion)과 표면경도(microhardness)를 높이며 변연 적합성(marginal adaptation)을 개선하는 것으로 보고된다^[5].

또한 본 증례에서는 CAD-CAM을 이용하여 injection molding guide를 출력하였으며, 이는 교합관계 분석의 편의성과 더불어 guide 제작 시간을 유의미하게 줄여준다고 보고된다^[6,7]. 다만 본 증례에서 최종 출력된 index의 정확도는 다소 떨어졌으며 digital wax-up의 교합면을 정확히 재현하지는 못하였다 (Fig 4). 이는 가이드의 제작 및 출력과정에서의 오차라고 생각된다. Exo CAD 프로그램내에는 본 증례에서 사용된 injection molding용 index 제작을 위한 기능은 없었기 때문에 치은 디자인 기능을 활용하여 index를 제작하였다. 따라서 필연적으로 교합면에 relief가 형성되게 되었으며, 이는 수복물의 최종 결과

에 영향을 준 것으로 판단된다. 따라서 정확한 교합면의 형태 재현을 위해서는 analogue wax-up 및 clear polyvinyl siloxane (PVS)을 이용하는 것이 추천되며, 본 증례에서와 같이 CAD-CAM 방식으로 rigid index를 출력하더라도 clear polyvinyl siloxane (PVS)으로 relining하는 과정이 필수적이라 할 수 있다.

전반적인 치아 마모와 더불어 이갈이 (bruxism)나 이악물기 (clenching)와 같은 parafunctional habit이 존재하는 환자들에 있어 복합레진 수복물은 반복적인 저작 운동에 지속적으로 노출되면서 표면 filler 입자의 소실과 광택층의 조기 마모가 발생하기 쉬우며, 이로 인해 시간이 지남에 따라 변색 및 착색이 가속화되어 색조와 광택 유지에 한계가 있을 수 있다. 특히 구치부는 저작 시 상대적으로 높은 교합력이 집중되는 부위이므로, 반복적인 하중이 가해질 경우 수복물 변연부의 미세누출이나 파절, 그리고 국소적인 마모가 발생할 위험이 높아지며, 이러한 환자에서 복합레진을 이용한 수복을 계획할 때에는 filler 함량이 높아 내마모성이 우수한 재료를 선택하고 충분한 수복 두께를 확보하며 교합 접촉점을 정밀하게 조정하는 등 세심한 고려가 필요하다. 따라서 정기적인 유지관리와 표면연마가 장기적 심미성 및 기능 유지에 필수적이라 할 수 있다.

결론

CAD-CAM index와 pre-heated composite resin을 이용한 injection molding technique은 제한된 수복공간을 가진 국소적 교합면 마모 증례에서 편리하고 효율적인 최소침습적 수복 옵션으로 고려될 수 있다.

참고문헌

- [1] Li Y, Yu F, Niu L, Hu W, Long Y, Tay FR, Chen J. Associations among Bruxism, Gastroesophageal Reflux Disease, and Tooth Wear. *J Clin Med*. 2018 Nov 6;7(11):417.
- [2] Reynolds JM. Occlusal wear facets. *J Prosthet Dent*. 1970 Oct;24(4):367-72.
- [3] Veneziani M. Composite injection molding technique. Innovative customized hybrid index and updated clinical procedures: Part 1. *Int J Esthet Dent*. 2025;20(1):22-45.
- [4] Vargas MA, Margeas R. A Twist on Injection Molding: Injecting Conventional Resin Composites. *J Esthet Restor Dent*. 2025 Jan;37(1):7-13.
- [5] Patussi AFC, Ramacciato JC, da Silva JGR, Nascimento VRP, Campos DES, de Araújo Ferreira Munizz I, de Souza GM, Lima RBW. Preheating of dental composite resins: A scoping review. *J Esthet Restor Dent*. 2023 Jun;35(4):646-656.
- [6] Huang Q, Yan Y, Zhang C, Mai S. Combining CAD-CAM technology with the stamp technique for direct composite resin restorations. *J Prosthet Dent*. 2025 Nov 4:S0022-3913(25)00803-0.
- [7] Zhang J, Fan L, Xie C, Li J, Zhang Y, Yu H. A digital workflow for layering composite resin restorations by using 3-dimensionally printed templates to replicate the contralateral tooth accurately and rapidly. *J Prosthet Dent*. 2024 May;131(5):774-780.

The Korean Journal of Adhesive Dentistry

한국접착치의학회 회칙

2006년 10월 22일 제정

2017년 12월 17일 개정

2019년 01월 22일 개정

2020년 11월 27일 개정

2021년 12월 4일 개정

2023년 12월 10일 개정

제1장 총칙

제1조 (명칭)

본회는 한국접착치의학회(Korean Academy of Adhesive Dentistry)라 한다.

제2조 (성립)

본회는 대한치과의사협회 정관 제 61조에 의거하여 성립한다.

제3조 (사무소)

본회는 본부를 서울특별시에 두고 각 시, 도에 지부를 둘 수 있다.

제2장 목적 및 사업

제4조 (목적)

본회는 접착치의학(adhesive dentistry) 분야의 연구/개발과 학술 교류 및 회원 상호 간의 친목을 도모함을 목적으로 한다.

제5조 (사업)

본회는 목적을 달성하기 위하여 다음의 사업을 수행한다.

1. 접착치의학에 대한 연구/개발
2. 학술대회 및 학술집담회를 포함한 다양한 형태의 학술활동
3. 학회지 및 기타 접착치의학 관련 도서의 출판 및 번역
4. 회원의 연구/개발 활동 지원 및 학술정보 교환
5. 국내외 관련 학회들과 학술교류 및 협력
6. 회원 상호 간의 친목 도모
7. 기타 본회의 목적 달성에 필요한 사항

제3장 회원

제6조 (회원의 자격 및 입회)

본회 회원은 본회의 목적에 동의하고 접착치의학 분야에 관심이 있는 자로, 본회에 입회 원서를 제출하고 소정의 입회비 및 연회비를 납부한 후 이사회의 승인을 거쳐 회원 자격을 취득한다.

제7조 (회원의 종류)

본회는 다음과 같은 회원으로 구성된다.

1. 정회원 : 본회의 목적에 동의하는 치과의사 및 관련 분야 연구자
2. 준회원: 치과대학 및 관련 대학 재학생, 치과기공사 및 치과위생사
3. 명예회원: 정회원이 아닌 자로써 본회의 목적에 동의하고 본회 발전에 공로가 지대한 자
4. 원로회원: 만 65세 이상으로 20년 이상 본회의 정회원으로 활동한 자

제8조 (회원의 권리)

본회 회원은 다음과 같은 권리를 취득한다.

1. 회원은 선거권과 피선거권이 있다.
2. 회원은 정기 총회 및 임시 총회에 출석하여 발언권 및 의결권을 행사할 수 있다.
3. 본회가 발간하는 각종 출판물 및 제 증명을 받는 등 회원으로서 인정되는 모든 권익을 보장받는다.

제9조 (회원의 의무, 자격 상실 및 윤리)

본회 회원의 의무, 자격 상실 및 윤리는 다음과 같다.

1. 회비 납부의 의무: 본회 회원은 본회 소정의 회비를 납부하여 본회의 제반 사업 및 회무에 협조할 의무가 있다.
(단, 명예 회원과 원로 회원, 만 65세 이상으로 10년 이상 학회 정회원으로 활동한 자는 회비 납부 및 학회 등록비 납부의 의무를 면제받는다.)
2. 출석의 의무: 본회 회원은 최소 연 1회 본회가 주관하는 학술모임에 참석하여야 한다.
3. 자격 상실: 본회 회원으로서 연속 2년간 회원의 의무를 이행하지 않을 경우, 이사회의 의결에 의해 회원의 자격을 상실할 수 있다.
4. 윤리 위배: 회원으로서 치과의사의 윤리에 위배된 행위를 하거나 본회에 대하여 재산상 손해 또는 명예를 훼손하였을 때에는 이사회의 의결과 총회의 동의에 따라 손해배상, 징계 또는 제명 처분될 수 있다.

제4장 조직

제10조 (업무부)

본회는 본회의 목적 및 사업 달성을 위하여 다음의 각 부를 두며, 해당 업무를 관리한다.

1. 총무부: 회원의 입회 및 관리, 서무, 장단기 발전 계획 기획, 각 부의 업무 조정 및 본회 목적을 달성하기 위한 기타 사항
2. 재무부: 예산, 결산 편성, 재정 대책, 회비 및 보조금, 찬조금에 관한 사항
3. 학술부: 학회, 학술집담회 및 각종 교육 관련 사업에 관한 사항
4. 국제부: 국제학회 교류와 국제학회 정보 제공 및 국외학자 초청, 국외 학술지 안내에 관한 사항
5. 공보/섭외부: 대외 홍보 및 언론 관리, 유관 단체들과 협조, 각종 행사 진행에 관한 사항
6. 편집부: 학회지 편집, 출판 및 관련 학술지 수집 및 평가에 관한 사항
7. 보험부: 의료보험과 관련된 부분에 대한 연구와 조사에 관한 사항
8. 법제부: 회원 자격 심의, 회칙 및 관련 법규에 대한 유권해석, 치과의료행위 자문에 관한 사항
9. 정보통신부: 홈페이지 관리, 자료 구축, 회무 전산화에 관한 사항
10. 자재부: 자재 정보 및 평가, 유관 업체들과 정보 교환에 관한 사항

제11조 (위원회)

1. 본회의 목적 수행에 필요한 경우 회장은 각종 위원회를 구성할 수 있으며, 위원장은 회장이 임명한다.
2. 위원회의 구성과 업무 및 운영에 필요한 제반 사항은 별도의 규정으로 정하고 이사회의 승인을 받아야 한다.
3. 위원회는 임원의 임기와 관계없이 규정에 의한 업무를 독자적으로 수행한다.
4. 위원회 위원장은 이사회에 참석하여 업무 보고를 한다.

제5장 임원 및 고문

제12조 (임원)

본회는 다음의 임원을 둔다.

1. 회장 : 1명
2. 차기회장 : 1명
3. 부회장 : 약간명
4. 상임이사 : 10명 내외
5. 실행이사 : 약간명
6. 평이사 : 약간명
7. 감사 : 2명
8. 지부장 : 약간명

제13조 (임원 선출 및 임기)

본회 임원 선출 및 임기 다음과 같다.

1. 회장 및 감사는 총회에서 무기명 비밀투표에 의한 다수 득표자로 선출하며, 부회장, 상임이사 및 평이사는 회장이 선임한다.
2. 임원의 임기는 2년으로 하되 중임할 수 있으며, 차기회장은 선출 2년 후 정기총회일 익일 부터 회장을 승계한다.
3. 임원 교체 시에는 1/2 이상 교체하지 않는 것을 원칙으로 한다.
4. 상임이사의 결원이 있을 때에는 회장이 선임하며, 보궐 선임된 상임이사의 임기는 전임자의 잔여 임기로 한다.

제14조 (회장)

회장은 본회를 대표하고 제 회무를 통괄하며, 본회의 시 의장이 된다.

제15조 (차기회장 및 부회장)

차기회장과 부회장은 회장을 보좌하며 회장 유고 시에 이를 승계한다.

제16조 (상임이사 및 평이사)

1. 상임이사는 이사회에서 본회의 주요 회무를 심의 의결하며,
각각 총무, 재무, 학술, 국제, 공보/섭외, 편집, 보

협, 법제, 정보통신, 자재부의 업무를 분장한다.

2. 상임이사 밑에 그에 상응한 하위 부서를 설치하고 간사 및 약간명의 위원을 선정할 수 있다.
3. 상임이사는 본회의 회의 및 이사회에 참석하여 각 부의 회무를 보고하여야 한다.
4. 평이사에게는 필요한 경우 회장의 권한으로 특별업무를 위촉할 수 있다.

제17조 (감사)

감사는 회무 및 재정을 감시하고 그 결과를 총회에 보고한다.

제18조 (고문)

1. 역대 회장은 본회의 고문으로 추대한다.
2. 본회의 발전에 공헌한 회원은 이사회의 추천, 총회의 의결로 본회의 고문으로 추대한다.

제6장 이사회

제19조 (구성)

이사회는 회장, 부회장 그리고 각 부의 상임이사들로 구성한다.

제20조 (성립 및 임무)

이사회는 과반수 이상이 출석하여 성립하고 다음 사항을 심의, 의결한다.

1. 본회의 사업 계획, 운영 방침에 관한 사항
2. 업무 진행에 관한 사항
3. 예산 및 결산서 작성에 관한 사항
4. 지부 설치와 운영에 관한 사항
5. 기타 중요한 사항

제21조 (소집)

이사회는 다음 사항을 준수하여 소집한다.

1. 이사회는 회장이 소집하고 그 의장이 된다.
2. 이사회를 소집하고자 할 때에는 미리 목적을 제시하여 각 이사에 통보하여야 한다.
3. 임시 이사회는 이사 1/3 이상의 요청에 의하여

소집할 수 있다.

제22조 (의결)

이사회는 다음 사항을 준수하여 의결한다.

1. 이사회 의결은 출석 이사 과반수의 찬성으로 의결한다. 다만, 가부동수인 경우에는 회장이 결정한다.
2. 감사는 출석하여 의견을 진술할 수는 있으나 의결권은 없다.

제7장 회의

제23조 (회의)

본 회의 회의는 정기 총회 및 임시 총회로 한다.

1. 총회는 회장이 의장이 되어 진행한다.
2. 총회의 의결은 출석 회원의 다수결로 결정한다. 단, 회칙의 개정은 출석회원 2/3 이상의 찬성에 의하여 결정한다.
3. 총회의 의결에서 가부동수인 경우에는 회장이 결정권을 가진다.
4. 정기총회는 매년 1회 개최한다.
5. 임시총회는 이사회 1/2 또는 회원의 1/3이상의 요청에 의하여 회장이 이를 소집한다.

제24조 (의결 사항)

총회에서의 의결사항은 다음과 같다.

1. 회칙에 관한 사항
2. 예산 결산에 관한 사항
3. 감사의 보고에 관한 사항
4. 사업 계획에 관한 사항
5. 임원 선거에 관한 사항
6. 의장이 필요하다고 인정한 사항

제8장 재정

제25조 (수입)

본 회의 재정은 다음 수입으로 충당한다.

1. 입회비
2. 연회비
3. 찬조금 및 기타

제26조 (회비)

본 회의 회비는 이사회에서 의결하여 총회에서 인준을 받아야 한다.

제27조 (회계의 구성)

본 회의 회계는 일반회계, 기금회계, 특별회계로 구성한다.

제28조 (관리)

본 회의 재정은 다음과 같이 관리한다.

1. 각 회계는 본 회의 명의로 금융기관에 계좌를 설정하고, 그 증서를 재무이사가 보관한다.
2. 수입 및 지출과 관련된 장부는 재무이사가 작성하여 보관하고, 매 이사회 때 보고하여야 한다.

제29조 (회계 연도)

본 회의 회계 연도는 09월 1일부터 익년 08월 말일까지로 한다.

제9장 부칙

제30조 (회칙의 개정)

본 회의 회칙을 개정하고자 할 때에는 이사회 승인을 거쳐 총회에서 출석 회원 3분의 2이상의 찬성으로 의결하며 의결과 동시에 발효한다.

제31조 (예외 사항)

본 회 회칙에 규정되지 않은 사항은 일반 관례에 준하되, 이사회 동의를 요한다.

제32조 (회칙의 발효)

본 회의 회칙은 2006년 창립 총회에서 통과된 날로부터 시행한다.

한국접착치의학회지 투고규정

2018년 1월 29일 제정

2026년 8월 24일 개정

1. 투고자격

한국접착치의학회 회원, 접착치의학을 포함한 치의학 전반에 관한 관련 분야 연구자 및 임상가는 모두 본 학회지에 투고할 수 있다.

2. 원고의 제출처 및 제출 시기

원고는 한국접착치의학회의 편집장에게 전자 투고하는 것을 원칙으로 한다. 원고의 제출 시기는 특별히 정하지 않으며, 원고가 제출된 순서와 진행상황에 따라 순서대로 게재한다. 편집장에게 연락이 필요한 경우 연락처는 다음과 같다.

장지현 편집장 (Editor-in-Chief)

한국접착치의학회

서울특별시 동대문구 경희대로 23 경희대학교 치과병원 4층 치과보존과

전화: 02-958-9330

Fax: 02-958-9303

E-mail: jangjihyun@khu.ac.kr

3. 원고의 종류

본 학회지는 원저(Original article), 증례 보고(Case report) 및 종설(Review article) 등을 게재한다. 위에 속하지 않은 기타 사항 및 공고 등의 게재는 편

집위원회에서 심의 결정한다.

4. 연구윤리 및 책임

한국접착치의학회지는 인간 및 동물실험에 따른 연구윤리 문제에 대해 대한민국 교육인적 자원부와 학술진흥재단의 연구윤리 가이드 라인을 준수하며 이차 게재와 이중 게재에 대한 대한의학학술지 편집인 협회회의 지침을 준수한다. 본 학술지에 실린 논문을 포함한 제 문헌에서 밝히고 있는 의견, 치료방법재료 및 상품은 저자 고유의 의견과 발행인, 편집인 혹은 학회의 의견을 반영하고 있지 않으며 그에 따른 책임은 원저의 저자 자신에게 있다.

5. 원고의 언어

원고 및 초록은 국문 또는 영문으로 작성함을 원칙으로 한다. 치의학 용어집을 준용해야 하며 이해를 돕기 위해 괄호 속에 원어나 한자를 기입할 수 있다. 국문 용어가 없을 경우 원어를 그대로 사용한다. 약어를 사용할 경우에는 본문 중 그 원어가 처음 나올 때 원어 뒤 괄호 속에 약어를 표기하고 그 이후에 약어를 사용한다. 이는 초록에서도 동일하게 적용한다.

표 (table), 그림설명 (figure legend), 참고문헌 (reference)은 국문이나 영문으로 표기한다.

6. 원고의 저작권

제출된 원고를 편집위원회에서 재고 및 편집함에 있어 해당 원고가 본 학회지에 게재될 경우 저작권은 본 학회지에 있다.

7. 동의의 획득

연구 대상이 사람이나 동물인 경우 해당연구 기관의 연구윤리위원회(IRB)의 승인을 얻어야 하며 논문 투고 시 반드시 첨부하여 제출하여야 하고 투고 논문의 재료 및 방법에도 이에 관한 문구를 반드시 명시하여야 한다. 또한, 다음의 경우 원저자 및 당사자의 동의를 사전에 얻어야 한다.

- 1) 이미 출판된 자료나 사진
- 2) 아직 발표되지 않은 자료나 타 연구자와의 개인적인 의견 교환을 통해 입수한 정보
- 3) 인식 가능한 인물 사진 등

원고의 제출 시 위 사항에 대해 본 학회지에서는 원고의 저자가 당사자의 동의를 획득한 것으로 간주하며 이에 대한 책임은 원고의 저자에게 있다.

8. 원고의 구성

모든 원고는 가능한 한 간결하게 기술하여야 한다. 단위와 기호, 그림, 표, 참고문헌 등의 표기법은 한국 접착학회지의 예시를 참조하여 통일되게 작성한다.

1) 표지 (Title page)

제목 (국문투고 시 국문, 영문 모두 표기), 저자명과 소속을 국문과 영문으로 각각 표기하며, 제1저자의 이름 오른쪽 위에 별표(*)를 위첨자로 표시한다. 하단에는 교신저자의 이름, 소속, 주소, 전화 및 Fax 번호, E-mail 주소를 표기한다.

2) 초록 (Abstract)

초록은 국문 또는 영문으로 작성하여 제출한다. 연구 목적, 재료 및 방법, 결과, 결론을 소제목으로 사용하여 국문인 경우 500자, 영문인 경우 250단어 이내로 기술한다. 초록의 말미에는 6개 이내의 주요 단어

(key word)를 국문 초록에서는 국문으로, 영문 초록에서는 영문으로 표기한다. 단, 국문 원고의 경우 제목, 저자명, 교신저자의 표기 및 그 소속이 별도로 영문으로 표기되어야 한다.

3) 서론 (Introduction)

연구의 의의와 배경, 가설 및 목적을 구체적으로 기술한다. 이를 위해 다른 논문을 인용하되 서론의 기술에 필요하며 학계에서 인정되고 있는 필수적인 논문을 가급적 제한하여 인용한다.

4) 연구재료 및 방법 (Materials and methods)

재료와 술식 및 과정을 기술하며, 독창적 이거나 필수적인 것만을 기술한다. 통상적인 술식 및 과정으로 이미 알려진 사항은 참고 문헌을 제시하는 것으로 대신한다. 상품화된 재료 및 기기를 표기할 때에는 학술적인 명칭을 기록하고 괄호속에 상품의 모델명, 제조회사명, 도시명, 국가명을 표기한다.

5) 결과 (Results)

결과는 총괄적으로 기술하며 필수적이고 명확한 결과만을 제시한다. 표, 그림 등을 삽입하여 독자의 이해를 돕고, 결과를 간략하게 기술하며 세부적인 수치의 열거는 표와 그림을 인용함으로써 대신한다. 표나 그림에 나타나 있는 단위는 국제단위체계 (Le Systeme Internationale d'Unites, SI)에 준하여 표기해야 한다.

6) 총괄 및 고안 (Discussion)

서론의 내용을 반복하지 않도록 하고 결과의 의미와 한계에 대해 지적하며, 편견을 줄이기 위해 타 연구의 결과와 어떻게 다른지 반대 견해까지 포함하여 기술한다. 마지막 단락에 전체적인 결론을 간략하고 명확하게 정리하고, 필요한 경우 연구의 발전방향을 제시한다.

7) 감사의 표시 (Acknowledgement)

연구비 수혜 내용과 저자 이외에 연구의 수행에 도움을 준 대상에 대한 감사의 내용 혹은 연구비 수혜

내용에 대하여 기술할 수 있다.

8) 참고문헌 (References)

참고문헌은 본문에서 인용된 순서에 따라 일련번호를 부여한다. 본문에서는 해당 참고문헌 번호를 대괄호([]) 안에 아라비아 숫자로 표기한 어깨번호로 표시한다. 두 개 이상의 참고문헌을 함께 인용하는 경우에는 각 번호를 쉼표로 구분하여 표기한다(예: [3,4]). 참고문헌 항목은 본문에서의 인용 순서에 따라 아라비아 숫자로 차례로 작성하며, 저자명, 제목, 잡지명, 발행연도, 권, 페이지 순으로 기재한다.

예) [1] Emerich-Poplatek K, Sawicki L, Bodal M, Adamowicz-Klepalska B. Forced eruption after crown/root fracture with a simple and aesthetic method using the fractured crown. Dent Traumatol 2005;21:165-9.

[2] ZC, Harlamb S, Kahler B, Oginni A, Semper M, Levin L. International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 1. Fractures and luxations. Dent Traumatol. 2020; 36(4):314-330.

[3] Assif D, Bitenski A, Pilo R, Oren E. Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. J Prosthet Dent 1993;69:36-40.

9) 기타

종설은 접착치의학에 관련한 특정 주제로 하되 개인적인 의견이 아니라 근거에 기반을 둔 결론을 도출하도록 한다.

증례 보고의 양식은 서론, 본문, 결론 및 참고문헌으로 하는 것을 권장한다.

9. 원고의 제출양식

원고는 워드파일에서 제목 글자크기 12, 소제목 및 본문 글자크기 10으로 한다. 원고 전체에 대해서, 2줄 간격으로 저장하여 제출한다.

표와 그림의 경우 출판에 적합한 용량의 파일로 제출하며, 최소 300 dpi에서 5cm X 5cm 이상의 화질

(1200 DPI 권장)을 가져야 한다.

10. 원고의 게재 결정

제출된 원고는 편집위원회에서 위촉한 2명 혹은 그 이상의 학계의 권위자에게 재고 의뢰 후, 게재 여부 및 수정의 필요성을 결정한다. 원고의 게재 결정 후 저자 요청 시 게재예정증명서를 발급할 수 있다.

11. 게재료

원고가 본 학회지에 게재된 경우 게재료가 청구될 수 있으며, 이 경우 저자가 부담함을 원칙으로 한다.

한국접착치의학회지
The Korean Journal of Adhesive Dentistry

2026
Volume 13 Number 2

발행일 : 2026년 9월 30일
발행인 : 이 상 엽
편집인 : 장 지 현
발행처 : 한국접착치의학회
03080 서울 종로구 대학로 101, 서울대학교 치과병원 B163

전화: 02-763-3818
팩스: 02-763-3819
E-mail: iadkorea@gmail.com



2026
Volume 13 Number 2

The Korean Journal of Adhesive Dentistry