

Clinical applications of universal adhesives

Universal adhesive의 임상적 활용

Kkot-Byeol Bae 

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Chonnam National University, Gwangju, Korea

ABSTRACT

Universal adhesives have been widely adopted in restorative dentistry due to their versatility and simplified clinical procedures. Unlike conventional adhesive systems, they can be applied using different etching strategies, including etch-and-rinse, self-etch, and selective enamel etch techniques. While this flexibility offers significant clinical advantages, it also requires clinicians to make appropriate decisions based on specific clinical situations. The purpose of this article is to provide practical guidelines for the effective use of universal adhesives in daily clinical practice. Within the limitations of simplified clinical protocols, universal adhesives should not be regarded merely as convenient materials but as technique-sensitive systems that require proper understanding and application. Careful selection of bonding strategies and meticulous adherence to clinical procedures are essential for achieving predictable and durable outcomes. (*J Korean Dent Assoc* 2026; 64(6): 198-203)

Key words : Adhesives; Dental Etching; Dental Bonding; Acid Etching, Dental; Dentin Sensitivity

서론

접착치의학의 발전은 보존적 수복치료의 패러다임을 크게 변화시켜 왔다. 과거에는 기계적 유지에 의존한 수복이 주를 이루었으나, 접착 기술의 발전과 함께 최소 침습적 치료(minimally invasive dentistry)가 가능해지면서 자연치아 보존의 중요성이 더욱 강조되고 있다¹⁾. 이러한 흐름 속에서 접착 시스템은 수복치료의 성공을 좌우하는 핵심 요소로 자리 잡았다²⁾.

기존의 접착 시스템은 etch-and-rinse와 self-etch 방식으로 구분되어 왔으며, 각각 장단점을 가지고 있어 임상 상황에 따라 선택적으로 사용되어 왔다³⁾. Etch-and-rinse 방식은 법랑질 접착에서 우수한 성능을 보이지만 술식 민감성이 높고 비교적 술 후 민감증의 가능성이 있으며, self-etch 방식은 술식이 단순하고 민감도가 낮은 반면 법랑질 접착력이 상대적으로 제한적이라는 단점이 있다^{4,5)}. 이러한 한계를 보완하기 위해 다

양한 접착 시스템이 개발되어 왔으며, 그 결과로 등장한 것이 universal adhesive이다⁶⁾.

Universal adhesive는 하나의 접착제로 etch-and-rinse, self-etch, selective enamel etch 등 다양한 산부식 전략을 선택적으로 적용할 수 있는 다목적 접착 시스템이다⁷⁾. 또한 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate(10-MDP)와 같은 기능성 단량체를 포함하여 상아질뿐만 아니라 지르코니아 및 금속과의 화학적 결합을 가능하게 함으로써 적용 범위를 확장시켰다⁸⁾. 이러한 특성으로 인해 universal adhesive는 임상에서 사용의 편의성과 활용도를 동시에 높인 재료로 평가받고 있다.

그러나 universal adhesive의 가장 큰 특징인 “다양한 적용 방식의 선택 가능성”은 역설적으로 임상가에게 또 다른 판단을 요구한다. 동일한 재료를 사용하더라도 산부식 전략, 수분 조절, 도포 방법 등에 따라 접착 성능과 임상 결과가 달라질 수 있기 때문이다⁹⁾. 특히 상아질 접착은 여전히 술식 민감성이 높은 영역으로, 부적절한 적용은 술 후 민감증, 접착 실패, 변연 변색 등의 문제로 이어질 수 있다¹⁰⁾.

따라서 universal adhesive를 효과적으로 활용하기 위해서

*Corresponding author: Prof. Kkot-Byeol Bae
Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Chonnam National University, Yong-bong ro 77, Buk-gu, Gwangju, 61186, Korea.
Tel: +82-62-530-5843, E-mail: kbbae@jnu.ac.kr

는 단순한 재료의 이해를 넘어, 다양한 임상 상황에 따른 적절한 적용 전략에 대한 이해가 필요하다. 이에 본 글에서는 universal adhesive의 기본 개념을 간략히 정리하고, 임상에서 실제로 적용 가능한 산부식 전략의 선택, 도포 방법, 그리고 다양한 임상 상황에서의 활용법을 중심으로 임상적 가이드라인을 제시하고자 한다.

Universal adhesive의 기본 개념

Universal adhesive는 기존 접착 시스템이 etch-and-rinse 또는 self-etch 방식으로 구분되어 각각의 술식과 적응증에 제한이 있었던 반면, universal adhesive는 single-bottle 시스템으로 이러한 경계를 통합한 것이 특징이다³⁾. Universal adhesive의 특징이자 장점은 임상 상황에 따라 etch-and-rinse, self-etch, selective enamel etch 방식을 모두 적용할 수 있다는 점이다⁷⁾. 이는 동일한 재료를 사용하면서도 법랑질과 상아질의 특성에 맞게 다른 접근을 선택할 수 있도록 하여 임상적 유연성을 높여준다. 특히 법랑질에서는 selective enamel etch 방식을 통해 접착력을 향상시키고, 상아질에서는 self-etch 방식을 적용하여 술식 민감도를 줄이는 방식이 널리 사용되고 있다^{4,5)}.

구성 성분 측면에서 universal adhesive는 기능성 단량체, 용매, 친수성 및 소수성 모노머 등을 포함한다¹¹⁾. 이 중 10-MDP는 대표적인 기능성 단량체로, 상아질의 수산화인회석과 화학적 결합을 형성함으로써 접착의 안정성과 내구성을 향상시키는 역할을 한다⁸⁾. 또한 이러한 화학적 결합 특성은 지르코니아와 같은 비유리 세라믹이나 금속 표면과의 접착에도 기여하여, universal adhesive의 적용 범위를 간접수복까지 확장시키는 중요한 요소로 작용한다⁷⁾.

Universal adhesive는 일반적으로 에탄올 또는 아세톤 기반의 용매를 포함하고 있으며, 이는 접착제가 상아질 내로 충분히 침투할 수 있도록 돕는다⁹⁾. 그러나 용매의 존재는 임상적으로 적절한 공기 건조 과정을 요구하며, 충분한 용매 제거가 이루어지지 않을 경우 접착 강도의 저하나 장기적인 내구성 문제로 이어질 수 있다⁹⁾. 따라서 단순히 '한 번 바르는 접착제'로 이해하기보다는, 각 구성 성분의 역할과 적용 방법을 함께 고려해야 한다.

결과적으로 universal adhesive는 기존 접착 시스템의 단점

을 보완하면서도 적용 범위를 확장한 재료이지만, 그 성능은 선택한 산부식 전략과 적용 방법에 크게 의존한다¹⁰⁾. 따라서 이러한 기본 개념에 대한 이해는 이후 임상 적용 전략을 수립하는데 중요한 기반이 된다.

Universal adhesive의 임상 적용 전략

1. 산부식 전략의 선택

Universal adhesive의 가장 큰 장점은 하나의 접착제로 다양한 산부식 전략을 선택할 수 있다는 점이다. 그러나 이러한 점은 동시에 임상가에게 적절한 선택을 요구하며, 잘못된 선택은 접착 실패나 술 후 민감증으로 이어질 수 있다¹⁰⁾. 따라서 각 산부식 전략의 특성을 이해하고 임상 상황에 맞게 적용하는 것이 중요하다.

Etch-and-rinse 방식은 인산을 이용하여 법랑질과 상아질을 모두 산부식한 후 접착제를 적용하는 방법으로, 특히 법랑질에서 높은 접착력을 얻을 수 있다³⁾. 그러나 상아질의 경우 과도한 탈회와 수분 조절의 어려움으로 인해 술식 민감성이 비교적 높아 접착력이 저하될 가능성이 있다^{1,9)}.

Self-etch 방식은 산부식과 프라이밍이 동시에 이루어지는 방식으로, 상아질의 과도한 탈회를 방지하고 수분 조절에 대한 부담을 줄여 술식의 안정성을 높일 수 있다^{4,5)}. 특히 깊은 와동이나 상아질 비중이 높은 경우, 또는 술 후 민감증이 우려되는 상황에서는 self-etch 전략이 보다 안전한 선택이 될 수 있다¹⁰⁾. 그러나 법랑질에 대한 산부식 효과가 제한적이기 때문에, 변연부에 법랑질이 충분히 존재하는 경우에는 접착력이 감소할 수 있다는 점을 고려해야 한다⁴⁾.

이러한 두 가지 방식의 장점을 결합한 방법이 selective enamel etch이다. 이는 법랑질 부위에만 선택적으로 인산을 적용한 후, 전체 표면에 universal adhesive를 도포하는 방식으로, 법랑질에서는 높은 접착력을 확보하면서도 상아질에서는 self-etch의 장점을 유지할 수 있다⁷⁾. 현재 임상에서는 대부분의 직접수복에서 이 방법이 가장 예측 가능하고 안정적인 결과를 보이는 것으로 알려져 있다¹⁰⁾.

임상적으로 정리하면, 법랑질 변연이 중요한 경우에는 selective enamel etch를 기본 전략으로 고려하는 것이 바람직하며, 상아질이 우세하거나 술 후 민감증이 우려되는 경우에는

self-etch 전략을 선택하는 것이 유리하다. 반면, 모든 표면에 대해 일괄적으로 total-etch를 적용하는 방식은 술식 민감성이 높기 때문에 제한적으로 적용하는 것이 권장된다^{1,9)}. 결과적으로 universal adhesive의 성공적인 사용은 재료 자체보다는 적절한 산부식 전략의 선택에 의존하며, 이는 임상 상황에 따른 판단이 가장 중요한 요소라 할 수 있다¹⁰⁾.

2. 상아질 접착 시 고려사항

Universal adhesive를 사용할 때 상아질 접착은 여전히 술식 민감성이 높은 단계로, 접착 실패나 술 후 민감증의 주요 원인이 된다^{1,9)}. 특히 상아질은 수분과 유기질이 풍부한 조직으로, 표면 상태와 도포 과정에 따라 접착 결과가 크게 달라질 수 있다²⁾. 이때 중요한 요소 중 하나는 수분 조절이다. Etch-and-rinse 방식에서는 산부식 후 상아질이 과도하게 건조될 경우 콜라겐 네트워크 붕괴되어 접착제가 침투할 수 있는 구조가 손상된다¹⁾. 이러한 콜라겐 구조 붕괴는 접착 강도의 저하뿐 아니라 장기적인 접착 내구성에도 부정적인 영향을 미친다⁵⁾. 따라서 임상적으로는 상아질을 완전히 건조시키기보다는 약간의 수분을 유지한 상태에서 접착제를 적용하는 것이 중요하다. Self-etch 방식에서는 이러한 과도한 건조의 위험이 상대적으로 감소하지만, 여전히 표면 수분 상태는 접착 성능에 영향을 미친다⁹⁾. 임상적으로는 “물방울이 남지 않으면서도 완전히 건조되지 않은 상태”를 유지하는 것이 바람직하며, 이는 약한 공기 건조로 조절할 수 있다.

접착제 도포 시에는 문지르기 과정이 매우 중요하다. 단순히 표면에 도포하는 것이 아니라 일정 시간 동안 적극적으로 문지르는 과정은 접착제가 도말층을 통과하여 상아질 내부로 충분히 침투하도록 돕는다. 이 과정이 충분하지 않을 경우 접착층 형성이 불완전해지고 접착 강도가 저하될 수 있다³⁾.

이후 시행되는 공기 분사 과정은 접착층의 균일한 형성과 용매 제거를 동시에 담당한다. Universal adhesive에는 에탄올이나 아세톤과 같은 용매가 포함되어 있어, 이를 충분히 제거하지 않으면 접착층 내에 용매가 잔존하게 된다⁹⁾. 이러한 잔존 용매는 중합 효율을 저하시킬 뿐 아니라 장기적으로 수분 침투를 증가시켜 접착층의 열화를 유발할 수 있다⁸⁾. 따라서 임상적으로는 충분한 공기 분사를 통해 접착제가 얇고 균일하게 퍼지도록 하는 것이 중요하다. 또한 접착층의 두께와 균일성도 고려해야 한다. 접착층이 과도하게 두꺼울 경우 중합 수축이나 응

력 분포에 영향을 줄 수 있으며, 반대로 불균일하거나 너무 얇을 경우 충분한 접착층 형성이 이루어지지 않을 수 있다²⁾. 따라서 공기 분사 과정에서 균일한 두께를 확보하는 것이 필요하다.

마지막으로 광중합 단계에서는 충분한 광조사 시간과 광량이 확보되어야 한다. 접착제가 충분히 중합되지 않을 경우 초기 접착 강도뿐 아니라 장기적인 안정성에도 영향을 미칠 수 있다¹⁰⁾. 특히 깊은 와동이나 광 접근이 제한되는 부위에서는 조사 시간을 충분히 확보하는 것이 중요하다.

임상에서 흔히 발생하는 문제는 각 단계를 단순화하거나 생략하는 데서 비롯된다. 그러나 universal adhesive는 사용이 간편한 재료일 뿐, 술식 민감성이 사라진 것은 아니다. 과도한 건조를 피하고, 충분한 문지르기와 철저한 용매 제거, 그리고 적절한 광중합을 시행하는 것이 안정적인 접착 결과를 얻기 위한 핵심 요소라 할 수 있다^{9,10)}.

3. 임상 상황별 적용

Universal adhesive는 다양한 임상 상황에서 적용할 수 있다는 장점이 있으나, 각 상황에 따라 적절한 산부식 전략과 적용 방법을 선택하는 것이 중요하다¹⁰⁾. 동일한 재료라도 적용 방식에 따라 임상 결과가 달라질 수 있기 때문에, 대표적인 임상 상황별로 접근 방법을 이해할 필요가 있다. universal adhesive의 임상적 활용은 “어떤 재료를 쓰느냐”보다 “어떻게 적용하느냐”에 더 큰 영향을 받는다. 각 임상 상황에 맞는 etching 전략과 도포 방법을 선택하는 것이 장기적인 수복 성공의 핵심이라 할 수 있다¹⁰⁾.

1) 1급 및 2급 와동 수복

1급 및 2급 와동 수복에서는 법랑질과 상아질이 혼재되어 있으며, 변연부의 밀폐가 장기적인 예후에 중요한 영향을 미친다²⁾. 이러한 경우 임상적으로 가장 권장되는 방법은 selective enamel etch 전략이다. 즉, 법랑질 변연에만 인산을 적용한 후, 수세하고 전체 표면에 universal adhesive를 적용하는 방식이다⁷⁾. 이 방법은 법랑질에서는 높은 접착력을 확보하면서도 상아질에서는 self-etch 방식의 장점을 유지할 수 있어, 술 후 민감증을 줄이면서 안정적인 접착을 얻을 수 있다^{4,10)}.

반면 모든 표면에 대해 total-etch를 적용할 경우, 특히 깊은 와동에서는 상아질 과탈회로 인해 술 후 민감증이나 접착 실패의 가능성이 증가할 수 있다^{1,9)}. 따라서 대부분의 구치부 직접

수복에서는 selective enamel etch를 기본 전략으로 사용하는 것이 예측 가능한 결과를 얻는 데 유리할 수 있다¹⁰⁾.

2) 비우식성 치경부 병소 및 치근 우식

비우식성 치경부 병소나 치근 우식에서의 수복은 법랑질이 거의 없거나 매우 얇고, 대부분이 상아질 또는 백악질로 구성되어 있는 경우가 많다⁵⁾. 또한 이러한 부위는 경화 상아질이 존재하거나 수분 조절이 어려워 접착에 유리하지 않은 경우가 많다. 이러한 경우에는 self-etch 전략이 보다 적합하다. 과도한 산부식을 피하면서 상아질 구조를 보존할 수 있고, 수분 조절에 대한 부담이 상대적으로 적기 때문이다⁴⁾. 특히 비우식성 치경부 병소에서는 과도한 산부식이 오히려 접착층의 안정성을 저하시킬 수 있으므로, 일상적으로 total-etch를 적용하는 것은 피하는 것이 좋다⁵⁾. 또한 이 부위에서는 접착제 도포 시 충분한 문지르기와 반복 도포가 도움이 될 수 있다.

3) 경화 상아질

경화 상아질은 노화나 자극에 의해 상아세관이 부분적으로 또는 완전히 폐쇄된 상태로, 일반적인 상아질에 비해 접착력이 낮은 것으로 알려져 있다⁵⁾. 경화 상아질의 표면은 매끄럽고 mineralization이 증가되어 있어 접착제의 침투가 제한되기 때문에 접착 실패의 위험이 높아 접착제의 침투를 유도하는 접근이 중요하다⁵⁾. 임상적으로는 self-etch 또는 mild etch 전략을 기본으로 하되, 필요에 따라 선택적 roughening을 고려할 수 있다. 예를 들어, bur나 air abrasion을 이용하여 표면을 약간 거칠게 만들어 주면 접착제의 침투를 개선할 수 있다. 또한 접착제 도포 시 충분한 문지르기와 반복 도포는 접착 성능을 향상시키는데 도움이 된다³⁾.

4. 간접수복에서의 활용

Universal adhesive는 직접수복 뿐 아니라 다양한 간접수복 재료와의 접착에도 활용될 수 있다. 특히 기능성 단량체인 10-MDP를 포함하고 있어 지르코니아와 같은 비유리 세라믹이나 금속 표면과의 화학적 결합을 가능하게 한다⁸⁾. 이러한 특성은 별도의 프라이머 사용 없이도 간접수복에서 접착 과정을 단순화할 수 있다는 장점을 제공한다.

지르코니아 수복물의 경우, 전통적으로는 별도의 지르코니아 프라이머를 사용하여 접착을 강화하는 방법이 사용되어 왔

다. 그러나 universal adhesive에 포함된 10-MDP는 지르코니아 표면과 안정적인 화학적 결합을 형성할 수 있어, 적절한 표면 처리 후 단독으로 사용이 가능한 것으로 보고되고 있다⁷⁾. 일반적으로는 샌드블라스팅과 같은 기계적 표면 처리를 시행한 후 universal adhesive를 적용하는 것이 권장된다⁷⁾.

금속 수복물에서도 유사한 접근이 가능하다. 금속 표면에 대한 접착 역시 기계적 유지와 화학적 결합이 함께 작용하는데, universal adhesive의 기능성 단량체는 이러한 화학적 결합 형성에 기여할 수 있다⁸⁾. 다만 금속 종류에 따라 표면 처리 방법과 접착 성능이 달라질 수 있으므로, 임상적으로는 기본적인 표면 처리 과정을 병행하는 것이 바람직하다.

간접 레진수복의 경우에는 universal adhesive를 별도의 프라이머 없이 사용할 수 있어 술식이 단순화된다³⁾. 특히 레진인레이의 경우 표면을 roughening한 후 universal adhesive를 적용하면 충분한 접착 성능을 얻을 수 있다³⁾.

다만 모든 상황에서 universal adhesive가 기존의 전용 프라이머를 완전히 대체할 수 있는 것은 아니다. 일부 연구에서는 특정 재료에 대해 별도의 프라이머를 병용했을 때 더 높은 접착 강도를 보인다는 보고도 있으며, 특히 장기적인 내구성 측면에서는 추가적인 표면 처리나 프라이머 사용이 도움이 될 수 있다^{7,8)}. 따라서 임상적으로는 “단순화”를 우선할 것인지, “최대 접착력”을 목표로 할 것인지에 따라 전략을 선택할 필요가 있다. 결과적으로 universal adhesive는 간접수복에서도 적용 범위를 확장시킨 유용한 재료이지만, 표면 처리와 재료 특성에 대한 이해를 바탕으로 선택적으로 활용하는 것이 중요하다.

임상 실패를 줄이기 위한 전략

Universal adhesive는 사용이 간편하고 다양한 적용이 가능하다는 장점이 있으나, 임상에서의 실패는 여전히 발생한다¹⁰⁾. 이러한 실패는 대부분 재료 자체보다는 적용 과정에서의 문제와 관련이 있으며, 주요 원인을 이해하고 이를 예방하는 것이 중요하다.

1. 술 후 민감증의 원인과 예방

술 후 민감증은 접착 수복 후 환자가 가장 흔히 호소하는 문제 중 하나로, 주로 상아질 접착 과정과 관련이 있다¹⁰⁾. 가장 큰 원인은 불완전한 sealing으로, 접착제가 상아세관을 충분히 차

단하지 못할 경우 외부 자극이 전달되어 민감증이 발생한다²⁾. 특히 total-etch 방식에서 과도한 산부식이나 부적절한 수분 조절은 콜라겐 구조 붕괴를 유발하고, 접착제의 침투를 방해하여 이러한 문제를 증가시킬 수 있다^{1,9)}. 또한 접착제 도포 시간이 부족하거나 충분한 공기 분사가 이루어지지 않은 경우에도 상아질 밀폐가 불완전해질 수 있다⁹⁾.

임상적으로는 이러한 문제를 예방하기 위해 상아질에서는 self-etch 또는 selective enamel etch 전략을 우선적으로 고려하고, 과도한 건조를 피하며 충분한 문지르기와 용매 제거를 시행하는 것이 중요하다^{4,10)}.

2. 접착 실패의 주요 원인

접착 실패는 수복물 탈락이나 미세누출로 이어질 수 있는 중요한 문제이다. 이러한 실패는 주로 접착층 형성의 불완전성 또는 장기적인 열화(degradation)에 의해 발생한다⁵⁾. 가장 흔한 원인은 불충분한 접착제 침투, 잔존 용매, 불완전한 광중합 등으로 요약할 수 있다^{8,9)}. 특히 용매가 충분히 제거되지 않은 경우 접착층 내 수분 이동이 증가하여 장기적인 접착 내구성이 저하될 수 있다⁸⁾. 또한 산부식 전략의 부적절한 선택 역시 접착 실패의 원인이 될 수 있다. 예를 들어, 법랑질 변연이 중요한 상황에서 self-etch만 적용할 경우 변연 접착력이 부족해질 수 있으며, 반대로 깊은 상아질 부위에 total-etch를 적용할 경우 접착 안정성이 떨어질 수 있다^{4,10)}. 따라서 임상적으로는 적절한 산부식 전략 선택, 충분한 접착제 도포 및 문지르기, 철저한 공기 분사, 충분한 광중합 등 기본 원칙을 지키는 것이 접착 실패를 줄이는 가장 효과적인 방법이다^{9,10)}.

3. 변연 변색의 원인

변연 변색은 수복물의 심미적 문제뿐 아니라 미세누출의 지표로 작용할 수 있다²⁾. 이는 주로 변연부에서의 접착 실패나 접착층의 열화와 관련이 있다⁵⁾. 특히 법랑질 변연에서 충분한 접착력이 확보되지 않을 경우 시간이 지남에 따라 미세누출이 발생하고, 이로 인해 색소 침착이 나타날 수 있으며 이러한 문제는 self-etch 단독 사용 시 상대적으로 더 흔하게 나타날 수 있다⁴⁾. 임상적으로는 변연 변색을 예방하기 위해 법랑질 부위에 대한 selective enamel etch 적용, 변연부 연마 및 광택 처리의 철저한 시행이 중요하다^{2,4)}. 또한 초기 접착이 양호하더라도

장기적인 열화를 고려하여 정확한 술식을 유지하는 것이 필요하다⁵⁾. 결과적으로 universal adhesive와 관련된 대부분의 임상 실패는 복잡한 이론적 문제보다는 기본적인 술식의 부정확성에서 비롯된다. 따라서 재료의 특성을 이해하는 것과 함께, 각 단계의 임상적 원칙을 정확히 지키는 것이 장기적인 성공을 위해 가장 중요하다^{9,10)}.

고찰

Universal adhesive는 다양한 etching 전략을 하나의 시스템으로 통합한 접착제로서, 임상에서의 적용 범위를 크게 확장시킨 재료이다⁶⁾. 특히 직접수복 뿐 아니라 간접수복까지 적용이 가능하며, 술식의 단순화와 임상적 유연성을 동시에 제공한다는 점에서 기존 접착 시스템과 차별화된다^{7,8)}. 그러나 universal adhesive의 가장 큰 특징인 “다양한 선택 가능성”은 동시에 임상가에게 적절한 판단을 요구한다. 동일한 재료를 사용하더라도 산부식 전략, 수분 조절, 도포 방법에 따라 접착 성과 임상 결과가 달라질 수 있기 때문이다^{9,10)}. 따라서 단순히 재료의 편의성에 의존하기보다는, 각 임상 상황에 맞는 전략적 접근이 필요하다.

임상적으로는 대부분의 상황에서 selective enamel etch 전략이 예측 가능한 결과를 제공하며, 상아질 접착에서는 과도한 건조를 피하고 충분한 접착제 도포와 용매 제거가 핵심적인 요소로 작용한다^{1,4,9)}. 또한 간접수복에서는 재료의 특성과 표면 처리 방법을 고려하여 universal adhesive를 선택적으로 활용하는 것이 중요하다^{7,8)}.

Universal adhesive와 관련된 임상 실패는 대부분 복잡한 재료적 한계보다는 술식의 부정확성에서 비롯된다. 술 후 민감증, 접착 실패, 변연 변색과 같은 문제는 적절한 산부식 전략의 선택과 기본적인 적용 원칙을 준수함으로써 충분히 예방 가능하다^{5,10)}.

결과적으로 universal adhesive는 단순히 사용이 간편한 접착제가 아니라, 다양한 임상 상황에 대응할 수 있는 전략적 도구로 이해되어야 한다. 임상가가 재료의 특성을 정확히 이해하고, 각 단계의 술식을 체계적으로 적용할 때 비로소 예측 가능하고 장기적으로 안정적인 수복 결과를 얻을 수 있을 것이다.

Conflicts of Interest: None

References

1. Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives. Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater* 2001; 17: 430-444.
2. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003; 28: 215-235.
3. Perdigão J. New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am* 2007; 51: 333-357.
4. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 2001; 17: 296-308.
5. 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: 118-132.
6. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater* 2011; 27: 17-28.
7. Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NH. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. *J Dent* 2013; 41: 404-411.
8. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, et al. Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *J Dent Res* 2012; 91: 376-381.
9. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, et al. Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *J Dent* 2012; 40: 475-484.
10. Loguercio AD, de Paula EA, Hass V, Luque-Martinez I, Reis A, Perdigão J. A new universal simplified adhesive: 36-Month randomized double-blind clinical trial. *J Dent* 2015; 43: 1083-1092.
11. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials* 2007; 28: 3757-3785.