

투고일 : 2011. 2. 9

심사일 : 2011. 2. 11

게재확정일 : 2011. 2. 14

최소침습수복의 전통과 전망

분당서울대병원 치과보철과

부교수 이 양 진

ABSTRACT

Perspectives on minimally invasive restoration

Department of Prosthodontics, Section of Dentistry, Seoul National University Bundang Hospital
Yang Jin Yi, DDS, MSD, PhD

In the field of Dentistry, minimally invasive treatment modalities are new trend for conservation of natural teeth. Of them, laminate veneer and resin bonded fixed partial denture belong to restoration procedures. In this review, survival rates of each modalities and cause of unserviceability are analyzed, and criteria for success are presented. To get successful results of minimally invasive restoration, plenty of enamel layer, thin and strong materials, and high bonding strength are essential under cyclically loaded wet oral condition. Newly tried design of minimally invasive technique nowadays have to be evaluated only on the basis of requirement for long-term success.

Key words : laminate, resin bonded fixed partial denture, minimally invasive, success, failure

I. 서론

치과 분야의 최소침습 치료법으로 우식 예방용 sealant, 최소삭제 레진 충전, 변색치 처치를 위한 치아미백법, 교모 방지용 스플린트, 피폭량을 줄인 디지털 x-ray, 일반 임플란트에 비해 상대적으로 덜 침습적인 mini-implant, 라미네이트(Procelain laminate veneer; PLV), 레진접착형 고정성의치(resin bonded fixed partial denture; RBFDP)등을 들 수 있다¹⁾.

이중 라미네이트와 레진접착형 고정성의치는 최소

치아 삭제만으로 결손된 치아를 수복하거나 심미적 회복을 하는 방법으로 짧은 역사에도 불구하고 수복치료의 한 분야로 굳건히 자리매김하고 있다. 라미네이트는 기존의 최소삭제법 외에도 아예 치아삭제를 하지 않는 non-preparation 법이나^{2,3)} 기존의 삭제보다 삭제량을 늘려 3/4관으로 수복하는 방식 등 다양한 시도로 사용되고 있으며(그림 1, 2) 1993년에서 2008년 사이에 발표된 50개의 논문을 통한 고찰에서 통상의 치료 경우 5년에 5% 이하, 10년에 10% 이하의 낮은 실패율을 보인다고 보고되고 있다^{4,5)}. 레진접착형 고정성의치는 1973년 Rochette⁶⁾이 치아삭제

없이 gold perforated framework을 이용하여 제작한 periodontal splint를 소개한 이후 다양한 치아삭제 방법과 framework 디자인 변형을 통하여 Maryland 브리지로 발전하였다. 라미네이트에 비해 높은 실패율을 보이고 있으나 많은 논문에서 다양한 방법의 변형이 소개되고 있다. 발달하는 재료에 따른 변형으로 Virginia 브리지, 섬유강화형 브리지(Fiber-Reinforced Bridge; FRC), 세라믹 브리지(인세라, 엠프레스, 지르코니아) 등이 소개되었으며 디자인에 따른 변형으로는 2-unit cantilever 브리지, 핀을 채용한 변형으로는 “CBW, BioPin, 2-key 브리지”가 개발되었다. 또 재료와 디자인을 모두 변형하여 개발된 “휴먼브리지”도 상용화되어 있다.

이 모든 최소침습 수복은 법랑질에 한정된 치아 삭제를 기본으로 한다. 법랑질에 한정된 삭제는 매우 다양한 장점을 가지고 있다. Edelhoff 등⁷⁾은 다양한 방법의 라미네이트 삭제와 레진접착형 리테이너의 삭제, 완전도재관 삭제, 주조도재관 삭제를 비교하여 라미네이트 삭제와 레진접착형 리테이너의 삭제법이 가장 치질 보존에 효과적이라고 하면서 3~30%의 무게대비 삭제량을 보인 반면 나머지 두 방법은 63~72%의 치관 삭제량을 나타냈다고 하였다. 이것은 순면 삭제를 기준으로 한 단일치관 삭제시 주조도재관을 위한 삭제는 라미네이트의 2.4~4.3배나 더 많은 삭제가 필요하다는 것을 나타낸다. 법랑질을 삭제하여 상아질이 노출되는 경우에는 치수에 근접할수록 상아세관의 수는 증가한다고 알려져 있다. 법랑질이 보존된다면 상아질 노출로 접착력이 떨어지는 것을 방지하는 것은 물론 접착후 민감성, 세라믹 지지부족으로 시멘트 계면의 인장력 증가, 실활 위험의 증가 같은 위험요소를 모두 피할 수 있다. 흔히 심미적 수복방법의 대명사처럼 생각하는 완전도재관의 경우에도 법랑질의 삭제는 근본적으로 어쩔 수 없음을 고려하면 최소침습 수복은 장기간의 성공만 보장된다면 최선의 선택이 됨이 분명하다.

최근 매스미디어의 발달로 연예인을 동경하는 사회

풍조는 일반인에게까지 심미적 열망을 증가시켰으며 빠르고 간편한 치료를 위한 CAD-CAM의 적용범위 증가⁸⁾와 맞물려 라미네이트의 폭발적 증가세를 나타내고 있다. 또한 임플란트 치료법의 관혈적 술식과 예기치 못한 합병증에서 비롯된 최소침습 수복에 대한 수요는 “휴먼브리지”를 비롯한 다양한 레진접착형 고정성치의 개발과 유행을 촉발하고 있다. 그러나 이들 방법을 최소침습법에 대한 충분한 이해 없이 무조건적으로 모든 증례에 적용한다면 성공률은 매우 낮아질 것이 분명하다. 이에 최소침습 수복법의 성공률을 살펴보고 실패의 이유를 분석하여 장기적 성공을 위한 필수조건을 인지하는 것은 매우 중요하고 의미 있는 일이라 생각한다.

II. 본론

1. 최소침습 수복의 근거

- 최소 삭제 또는 무삭제

어떤 저자들은 aprismatic 상태인 법랑질 표면을 삭제해야 컴퍼짓과 치아의 접착력이 증가하므로 법랑질의 삭제는 반드시 필요하다고 하고 있다⁹⁾. 이것은 치질 삭제를 전혀 안하고 자연치 그대로의 굴곡을 기계적으로만 이용한다는 “휴먼브리지”의 개념과 약간 다르므로 접착력과 관련하여 고려해 볼만한 포인트이다. 하지만 법랑질 삭제량이 많아지면 법랑질의 굴곡량이 증가하여 계면 응력이 늘어나 실패가 많이 일어나므로 삭제량은 변연 과풍용(overcontour)이 되지 않는 범위 내에서 최소량이 되어야 할 것이다¹⁰⁾.

상아질이 노출되면 실활 위험이 증가하는 것은 잘 알려진 사실이다. 반면 법랑질이 보존된 상태의 수복인 레진접착형 가공의치 지대치의 실활률은 5년간 0.13%에 그쳤다는 보고¹¹⁾가 있으며 이것은 자연치와 차이가 없는 빈도라 생각된다.

- 적절한 재료

리테이너 표면처리 기술의 발달과 새로운 접착제에 의한 강한 법랑질과의 결합력에도 불구하고 레진접착형 고정성의치의 장기간 성공에는 기계적 강도가 필수적이다. 기계적 강도가 강할수록 시멘트 계면에 가해지는 응력은 최소가 되기 때문이다. 최소침습수복은 법랑질에 한정된 삭제를 하기 때문에 경우에 따라서는 치은에 과풍용에 의한 손상을 주기 쉽다. 탄성계수(modulus of elasticity)가 큰 재료일수록 얇은 두께로 강한 리테이너를 만들 수 있으므로 유리하다.

2. 장기성적과 실패이유

- 라미네이트의 실패원인

라미네이트의 높은 성공률에도 불구하고 10년의 장기간 결과에서는 급격하게 성적이 나빠졌다는 보고도 있다. Peumans 등¹²⁾은 도재 라미네이트의 10년 전향적 연구에서 “임상적으로 받아들일만한” 비율이 5년 92%에서 10년 64% 선으로 낮아졌다고 하면서 대부분의 실패는 파절과 변연 벌어짐(marginal defect) 때문이라고 하였다. 파절은 5년 4%에서 10년 34%로 급격히 높아졌고 미세변연누출(microleakage)도 5년 26%에서 10년 65%로 급격히 높아졌다고 하였다. 저자들은 이런 현상이 컴퍼짓 시멘트의 중합 수축과 열충격과 기계적 하중 때문이라고 하면서 이를 방지하기 위해서 균일한 치아삭제와 균일한 도재 두께, 최소한의 시멘트 두께가 필수적이라고 분석하였다. 또한 mini-chamfer나 butt joint 같은 절단연 지대치 형성 디자인이 중요하며 컴퍼짓 충전이 된 치아를 피해야 한다고 설명하고 있다. 그러나 절단연 지대치 형성 디자인 차이에 관한 임상 보고는 충분치 않으므로 아직 명확하지 않은 부분이 있다. 치경부 미세변연누출이 많이 보고되는 것은 대부분 치경부의 법랑질이 적고 있더라도 aprismatic 상태인 것과 관련이 있다고 보여진다⁹⁾.

Magne 등¹³⁾은 열충격, 컴퍼짓 시멘트 두께, 순면

도재 두께 조건을 달리한 유한요소분석을 통해 시멘트 두께의 영향을 제시하였다. 각각 100, 200, 500 μm 의 시멘트 두께를 부여하고 도재 두께를 달리한 조건을 조합하여 도재/시멘트의 비율이 3이상일 때 응력이 가장 적었다고 보고하였으며 도재/법랑질 계면의 밀착도의 중요성을 강조하였다. 비슷한 개념으로 Stacey¹⁴⁾는 in vitro 실험에서 도재/컴퍼짓/법랑질의 shear stress 저항강도는 62.5 MPa로 컴퍼짓/법랑질의 31.8 MPa, 도재/컴퍼짓의 33.8 MPa의 결합강도보다 유의성 있게 컸다고 하였다. 이것은 긴밀하게 접착된 도재/컴퍼짓/법랑질은 시너지 효과를 나타낸다는 것을 보여준다.

- 레진접착형 고정성의치의 실패 원인

Rochette의 perforated framework의 소개 이후로 레진접착형 고정성의치의 발달은 탈락방지 노력과 밀접한 관련이 있다고 해도 과언이 아니다. 아주 작은 양의 치질을 법랑질에만 한정하여 삭제함에 따라 유지장치가 지대치에 부착되고 있는 힘은 기존의 고정성 수복물에 비해 현저히 낮을 수밖에 없다.

매우 높은 탈락률을 줄이기 위해 구조물의 다양한 디자인 변경이 시도되었다. 이것은 내면처리에 의한 접착면적의 확대나 레진시멘트 등의 요소와 함께 기계적 interlocking향상에 의한 기계적인 저항성의 중요성이 알려졌기 때문이다. Guide plane과 rest seat이 제안되었으며 치아에 proximal groove나 slot, inlay 형식의 유지형태를 주는 다양한 시도 이후 성공률은 매우 높아졌다¹⁵⁻¹⁷⁾.

초기의 Rochette bridge는 금속구조물의 작은 구멍이 유지를 담당하고 있었으나 곧 낮은 유지력에 의한 탈락이 보고되었다. 이후 전기화학적 산식각 방법(electrolytic etching)과 mesh나 lost salt technique을 이용하여 micro- 또는 macromechanical retention을 얻는 방법을 거쳐 산식각법(chemical etching), 표면에 silica성분을 침착시켜 접착력을 높이는 화학적 방법(tin palting, Silicoater,

임상가를 위한 특집 ③

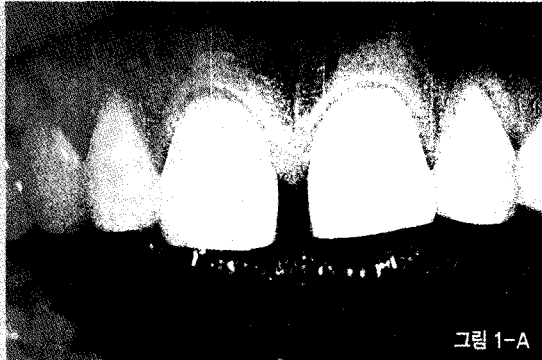


그림 1-A

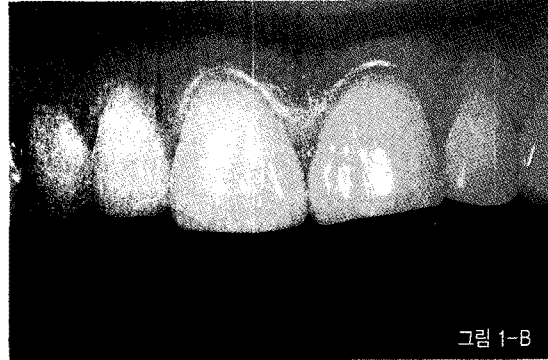


그림 1-B

그림 1. A) 정중이개(diastema)환자.

B) 무삭제 부분 라미네이트 접착. 비슷한 증례의 다른 환자에서는 2년 동안 원인 모를 3회의 탈락이 있었다.



그림 2-A

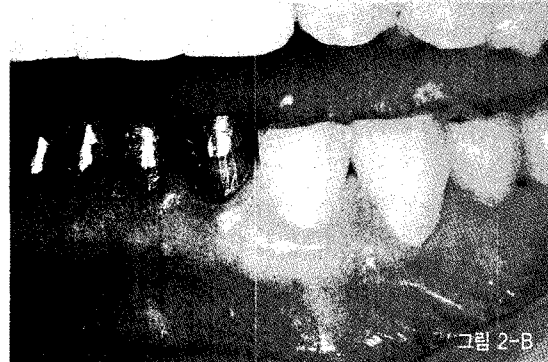


그림 2-B



그림 2-C

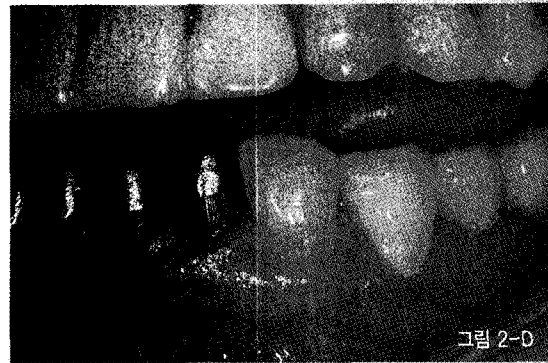


그림 2-D

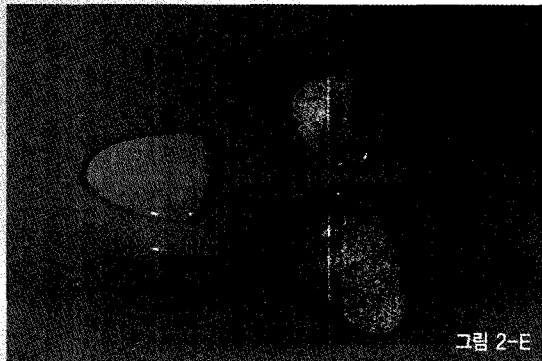


그림 2-E

그림 2. A) 전악수복 환자의 하악 우측 견치와 제 1소구치.

B) 전악수복 환자의 하악 좌측 견치. 법랑질의 최소삭제 후 증가된 고경만큼을 라미네이트 부분관으로 수복하기로 하였다.

C) 라미네이트 3/4관 접착.

D) 라미네이트 3/4관 접착.

E) 장석도제 라미네이트. 2년이 경과한 현재 문제없이 사용하고 있다.

Rocatec system, Cojet system)이 소개되었고 현재는 aluminum oxide로 샌드블라스팅하는 방법이 다른 방법과 아울러 보편적으로 쓰이고 있다¹⁸⁾.

그러나 여전히 레진접착형 고정성의치의 탈락은 유지장치의 일부에서 반복되었다. 초기에는 다양한 숫자의 지대치와 pontic이 레진접착형 고정성의치에 이용되었다. 그러나 지대치의 숫자가 늘어날수록 탈락실패가 늘어난다는 보고^{16,19-22)}에 따라 현재는 최소한의 지대치와 1개 정도의 pontic이 추천되고 있는 형편이며 3-unit 레진접착형 고정성의치가 임상에 기본적으로 사용되고 있다. 하지만 10년 정도의 관찰 기간을 평가한 레진접착형 고정성의치 보고들에 따르면 실패율은 거의 40%정도에 이른다^{23,24)}.

재미있는 것은 많은 보고서에서 상악과 하악에서 실패율 차이가 크다는 것이다. 상악에 비해 하악의 실패가 큰 것의 주된 원인으로 몇 가지 설명이 제시되고 있다^{16,25)}. 우선은 교합력이 가해지는 방향(trajjectory of forces of mastication)이 하악에서 리테이너를 떨어지게 하려는 방향이라는 것이다. 하악의 경우 심미적 이유로 협측에 리테이너를 설계하지 않고 설측에 설계함으로써 리테이너 탈락방향과 excursion시의 교합력 방향이 일치하게 된다. 다른 설명으로 하악의 굴곡(mandibular flexure)을 들기도 한다. 하악은 저작시 외익돌근의 수축으로 악궁이 줄어드는 현상이 생기므로 이것이 리테이너를 탈락하게 만든다는 것이다. 그 외에도 coronal height의 영향, rubber dam isolation이 상악에서 상대적으로 유리한 점이 언급되지만 궁극적으로 레진접착형 고정성의치의 실패에 기계적인 힘이 작용하는 것은 분명하다. 따라서 실패를 방지하기 위해서는 레진접착형 고정성의치 수복에서는 생역학(biomechanics)에 대한 이해가 필수적이다.

3. 생역학과 디자인

- 동요도와 생역학

구강내 수복물의 수명에 악영향을 주는 대표적인 두 가지 요소는 동하중과 타액으로 젖어 있는 습한 환경이다. 이 중 저작에 의해 발생하는 동하중은 실험실 환경의 정하중과 완전히 성격을 달리한다. 많은 실험실 결과가 저작력의 수배가 넘는 정하중에 견뎌 성공적이어도 구강내 실패가 일어나는 것은 바로 치아의 동요와 동하중에서 오는 피로현상 때문이다.

“CBW”, “BioPin”, “2-key bridge” 같은 새로운 디자인을 채용한 최소침습 수복법은 모두 핀을 치아 인접면 법랑질에 박아 넣어 접착하는 방식을 취하고 있다. 법랑질의 교모로 integration이 파괴되는 순간 crack이 호발하는 양상을 볼 때 짧은 핀에 의해 integration이 파괴된 법랑질/핀 계면이 동하중과 치아 동요도를 이겨내지 못할 것은 쉽게 예상할 수 있는 일이다.

- 디자인에 따른 교합력 집중회피

무치악 부위 인접치에 유지장치가 접착되는 fixed-fixed type의 3-unit 레진접착형 고정성의치는 각각의 동요도가 다른 두 치아를 고정하는 데서 어쩔 수 없이 발생하는 치아/시멘트 계면의 응력 집중과, 교합하중이 치아에 가해질 때 생기는 수복물과 치아 사이의 인장력을 가지고 있다. 이러한 응력의 발생은 계면의 피로현상을 일으키게 되고 치아/시멘트 또는 시멘트/수복물 계면의 분리에 따른 실패로 이어지게 된다^{15,26,27)}. 이는 fixed-fixed type인 3-unit 레진접착형 고정성의치의 구조적인 한계 때문이다.

Botelho¹⁵⁾는 fixed-fixed type의 실패를 분석하여 탈락을 줄이기 위한 design개선을 제안하면서 2-unit cantilever나 fixed-removable type의 레진접착형 고정성의치를 추천하였다. 많은 보고서에서 나타나는 2-unit cantilever 레진접착형 고정성의치의 높은 성공률은 주목할만하다. Botelho등²⁸⁾은 214명의 환자를 대상으로 평균 51.7개월(13.2~141.6개월)의 2-unit cantilever 레진접착형 고정성의치의 성적을 보고하였는데 94.8%에 달하

임상가를 위한 특집 ③

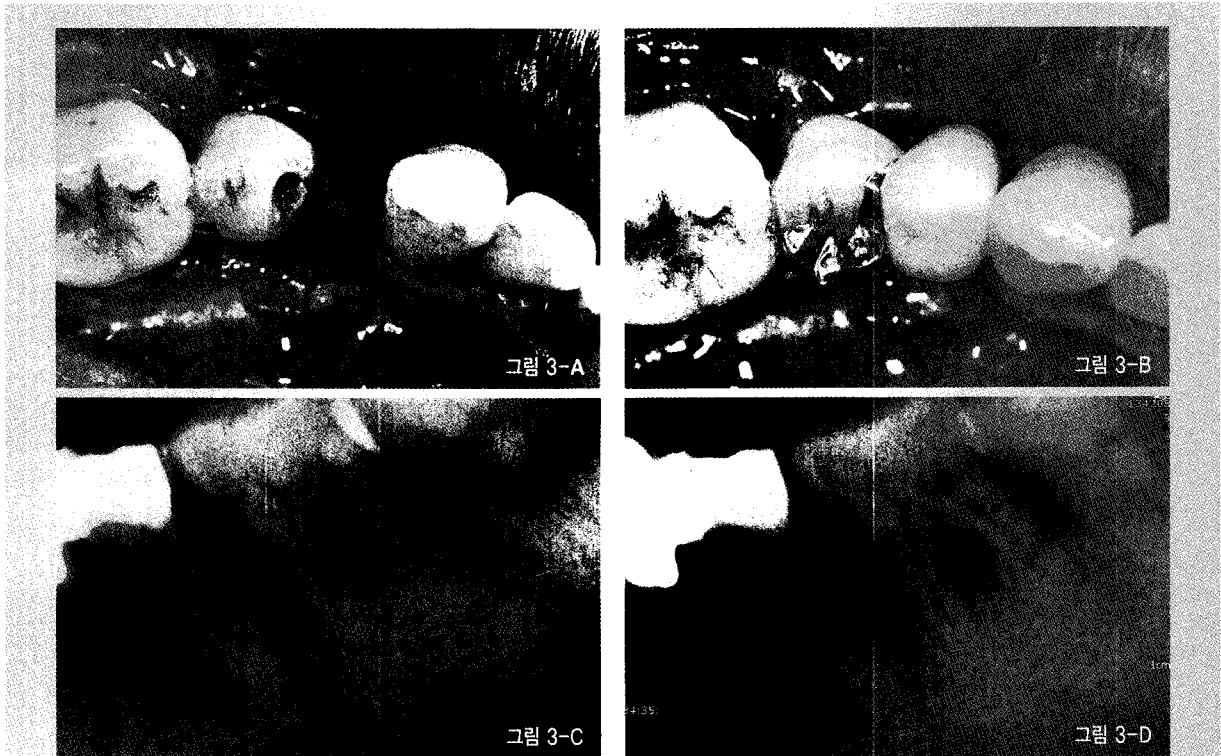


그림 3. A) 하악 좌측 제 2소구치의 심한 전방 경사로 견치와 path가 맞지 않으며 동요도가 서로 다르다. 2-unit cantilevered bridge로 수복하기로 결정하였다. B) 시적 후 모습. C) 제2소구치의 bone level이 충분하지 않은 상태. D) 2-unit bridge 정착 1년 반 경과 후의 방사선 사진. 인대비후 등의 증상이 전혀 없다.

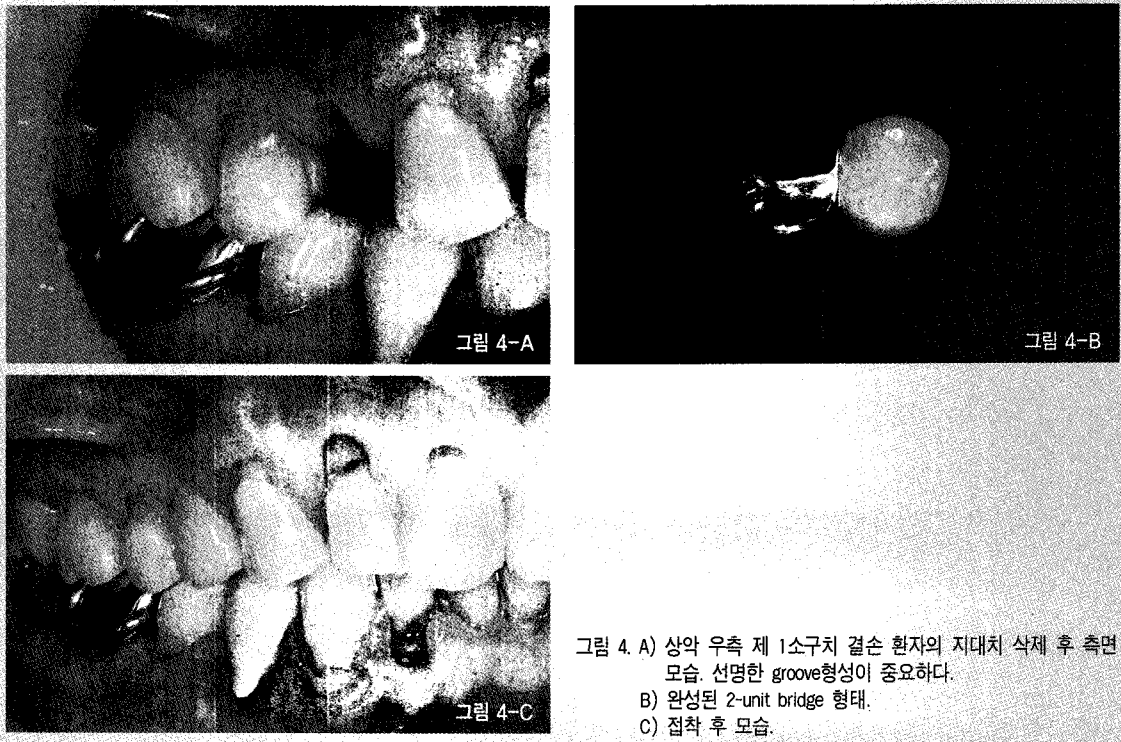


그림 4. A) 상악 우측 제 1소구치 결손 환자의 지대치 삭제 후 측면 모습. 선명한 groove형성이 중요하다. B) 완성된 2-unit bridge 형태. C) 정착 후 모습.

는 성공률과 95.5%의 유지율이라는 환상적인 결과를 나타내고 있다. 이것은 교합이 가해지거나 치아의 생리적 동요에도 접촉 계면에 응력이 집중되지 않는 2-unit cantilever 고유의, 치아와 수복물의 “en-bloc” 현상에 기인한다. 필자도 8년간 2-unit cantilever 레진접착형 고정성의치를 전치부와 일부 소구치 부위에 다수 시도하여 100%에 가까운 성공률을 경험하고 있다(그림 3, 4).

“휴먼브리지”의 경우 각각의 치아에 리테이너를 접착하여 치아별 동요도를 분리시킨 점은 상당히 효과가 있으리라 본다. 그러나 분리되었던 각각의 리테이너를 pontic을 끼워 고정시킨다면 결국은 분리 계면이 몇 개 더 늘어난 셈이 된다. 어느 계면이 탈락되는가가 예후에 영향을 미치게 될 것이다.

4. 재료와 디자인

- 리테이너 재료의 영향

비귀금속 리테이너가 레진접착형 고정성의치에 채용된 이유는 세 가지 정도로 설명될 수 있다. 첫째, 탄성계수가 커서 기계적으로 강하다. 둘째, 강도를 유지하면서도 얇게 만들 수 있어 과풍용에 의한 치주적인 문제가 없다. 셋째, 금합금에 비해 치아 접착력이 증가된다. 귀금속 리테이너는 chair-side에서 산식각이 어려운 재료이며 기계적 강도가 떨어져 비귀금속 합금에 비해 실패율이 높다¹⁷⁾. Hansson²⁹⁾은 13개의 high gold alloy 레진접착형 고정성의치 13개 중 11개월만에 7개가 탈락하여 77%의 실패율을 보고한 바 있다. 실패는 시멘트/리테이너 계면에서 일어났으며 평균 유지기간은 9개월이었다. “휴먼브리지”의 경우도 금합금 특성상 접착력이 감소할 것이라는 점이 예상된다. “휴먼브리지”는 undercut에 들어가 기계적으로 탈락을 방지하는 디자인을 취하고 있으며 이를 위해서 undercut 부위의 리테이너 말단을 분리하여 탄력성을 높이거나 아예 협설의 리테이너 자체를 분리하여 제작한 뒤 이를 치아에 결합하여 undercut을

이용하는 설계를 하고 있다. 이것은 RPD cap clasp 에서 채용되는 원리와 같다. 보다 큰 탄력성을 얻기 위해 gold alloy를 채용하고 있지만 탄성계수가 떨어지는 금의 기계적 특성을 보충하기 위해서는 특정 두께 이상이 되어야 하고 이것은 치주적으로 해로울 수 있다. 또 너무 두꺼워질 경우 탄력성이 없어져 undercut 밑으로 들어가지 못하기 때문에 문제가 생긴다. 반대로 undercut 밑으로 들어가는 탄력성이 있다면 동하중하에서 변형되어 빠질 수 있는 탄력성도 있다는 것이므로 이 점도 고려해야 한다. 결국 기계적 유지력이 수명을 좌우하게 될 것이고 시스템의 성공 여부는 장기적인 성적이 보고된 후에 판단해야 할 것 같다.

지르코니아를 비롯한 강화 세라믹은 성분 특성상 산식각이 안되므로 샌드블라스팅에 의해 미세요철 구조를 얻게 된다. 특수한 방법으로 미세요철구조를 생성하는 방법이 보고되고 있으며 접착력도 증가한다고 하였지만 이에 대한 임상성적은 부족하다^{30,31)}.

섬유강화형 수복물은 FRC와 강화레진으로 이루어져 있다³²⁾. FRC(Fiber-Reinforced Composite)는 금속-도재 수복물의 금속하부구조에 해당하며 FRC에 전장되는 강화 레진 (Ceromer)은 도재부분에 해당한다. FRC는 유리 섬유(glass fiber), polyethylene 섬유, polyaramid 섬유, 탄소 섬유(carbon fiber)등으로 이루어져 있다. 탄소 섬유는 색깔 때문에 심미재료에는 쓰이지 않고 포스트 등에 사용되며 polyethylene 섬유는 포스트의 일부와 동요치 고정에 쓰이고 있다. 섬유강화형 수복물은 심미성이 고려되어야 하는 어느 곳이나 쓸 수 있다고 알려져 있다. 특히 금속을 피해야 하는 곳에 적당하며 대합치 마모가 심한 곳에도 효과적이다. 그러나 레진 수복재의 한계가 그대로 드러나는 단점이 있었다. van Heumen 등³³⁾의 systematic review를 통해 15개 연구 435명의 환자에서 Kaplan-Meier 생존분석 결과 4.5년에 73.4%의 성공률을 보고하였으며 실패의 주된 원인은 파절과 전장재 탈락이라고 하였다. 이

보고는 crown, surface, inlay, hybrid 형태의 리테이너를 모두 포함하므로 최소침습 디자인은 이보다 더 큰 실패율을 보이리라 예상된다.

- 시멘트 재료의 영향

많은 발전에도 불구하고 여전히 법랑질에의 접착강도는 상아질에서보다 우월하다. 반면 레진접착형 고정성의치의 비귀금속 리테이너에 대한 시멘트의 영향은 유의성이 없다고 알려져 있다²⁵⁾. 따라서 새로 개발된 적절한 시멘트를 고르는 것 못지않게 가장 중요하게 생각해야 할 점은 상아질 노출량을 최대한 줄이고 법랑질에서 대부분의 접착이 이루어져야 한다는 점이다. 불가피하게 상아질이 노출되었다면 지대치 형성 후 즉시 상아질 처리제를 도포하는 것이 유의성 있게 접착력을 증가시킨다는 보고가 있으므로 고려해야 한다²⁴⁾.

법랑질에서의 접착 조건이 같다면 이번에는 리테이너 재료에 대한 친화도를 살펴야 한다. 앞에서 설명한 것처럼 비귀금속이 유리하지만 심미적 이유로 세라믹 리테이너도 최근 많이 시도되고 있다. 가장 문제 되는 것이 요즘 많이 쓰이고 있는 지르코니아 세라믹에 대한 접착제의 강도이다. 샌드블라스팅, 특수표면요철 제작법 등을 통해 접착력을 높이려는 시도가 있지만 여전히 컴퍼짓의 지르코니아 접착강도는 aging에 의

해 약화된다고 알려져 있다²⁵⁾. 따라서 컴퍼짓 시멘트의 선택이 중요하다. 여러 가지 모노머가 함유된 것 중에서 MDP 함유 접착제가 지르코니아에 대한 aging에 강한 모습을 보이므로 굳이 최소침습 고정성 지르코니아 보철을 계획한다면 반드시 고려해야 할 부분이다.

Ⅲ. 결론

최소침습 수복물의 수명은 한 덩어리가 된 치아-시멘트-수복재료의 강한 결합이 좌우한다. 이를 만족시키기 위해서는 법랑질에 한정된 최소 삭제, 유지력 증가를 위한 표면처리가 가능한 강하고 얇은 리테이너, 적절한 종류의 시멘트 두께가 필요하며 교합력을 고려한 디자인이 필수적이다. 충분한 법랑질은 접착과 지지 양 측면에서 모두 유리하나 삭제를 전혀 하지 않는 것은 접착력을 떨어뜨린다는 보고도 있다. 탄성계수가 큰 재료가 얇은 두께가 될 수 있어 기계적, 생물학적으로 유리하며 귀금속보다는 강한 접착을 얻을 수 있는 비귀금속이 유리하다. 세라믹 리테이너의 예후는 아직 명확하지 않다. 계면에 저작력을 집중시키지 않는 강한 저항의 one-unit movement 디자인이 요구된다.

참 고 문 헌

1. Christensen GJ. The advantages of minimally invasive dentistry. *J Am Dent Assoc* 2005;136:1563-1565.
2. Javaheri D. Considerations for planning esthetic treatment with veneers involving no or minimal preparation. *J Am Dent Assoc* 2007;138:331-7.
3. Goldstein MB. No-prep/minimal-prep: the perils of oversimplification. *Dent Today* 2007;26(8):10.
4. Land MF, Hopp CD. Survival rates of all-ceramic systems differ by clinical indication and fabrication method. *J Evid Based Dent Pract* 2010;10:37-8.
5. Della Bona A, Kelly JR. The clinical success of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc* 2008;139(Suppl):8s-13s.
6. Rochette AL. Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. *J Prosthet Dent* 1973;30:418-423.
7. Edelhoff D, Sorensen JA. Tooth structure removal associated with various preparation designs for anterior teeth. *J Prosthet Dent*. 2002 May;87(5):503-9.
8. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J*. 2009 Jan;28(1):44-56.
9. Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G. Porcelain veneers: a review of the literature. *J Dent* 2000;28:163-77.
10. Magne P, Belser U. Bonded porcelain restorations in the anterior dentition. A biomimetic approach. *Quintessence*;2002.
11. Paszyna C, Kerschbaum T, Marinello CP, Pfeiffer P. Clinical long-term results with bonded bridges. *Dtsch Zahnarzt Z*. 1990 Jul;45(7):406-9.
12. Peumans M, De Munck J, Fieus S, Lambrechts P, Vanherle G, Van Meerbeek B. A prospective ten-year clinical trial of porcelain veneers. *J Adhes Dent*. 2004 Spring;6(1):65-76.
13. Magne P, Versluis A, Douglas WH. Effect of luting composite shrinkage and thermal loads on the stress distribution in porcelain laminate veneers. *J Prosthet Dent*. 1999 Mar;81(3):335-44.
14. Stacey GD. A shear stress analysis of the bonding of porcelain veneers to enamel. *J Prosthet Dent*. 1993;70(5):395-402.
15. Botelho M. Resin-bonded prostheses: The current state of development. *Quintessence Int* 1999;30:525-534.
16. El-Mowafy O, Rubo MHM. Retention of a posterior resin-bonded fixed partial denture with a modified design: An in vitro study. *Int J Prosthodont* 2000;13:425-431.
17. Hansson O, Bergström B. A longitudinal study of resin-bonded prostheses. *J Prosthet Dent*. 1996 Aug;76(2):132-9.
18. van Thompson. Resin-retained fixed partial denture. In: *Contemporary fixed prosthodontics*. 3rd ed. Mosby;2001.
19. Dunne SM, Millar BJ. A longitudinal study of the clinical performance of resin bonded bridges and splints. *Br Dent J* 1993;174:405-411.
20. Olin PS, Hill EM, Donahue JL. Clinical evaluation of resin-bonded bridges: A retrospective study. *Quintessence Int* 1991;22:873-877.
21. Marinello CP, Kerschbaum T, Heinenberg B, Hinz R, Peters S et al. First experiences with resin-bonded bridges and splints- A cross-sectional retrospective study, Part II. *J Oral Rehab* 1988;15:223-235.
22. Olin PS, Hill EM, Donahue JL. Resin-bonded bridges: University of Minnesota recall data. *J Dent Res* 1990;69:abstract 2031.
23. Thayer KE, Williams VD, Diaz-Arnold AM, Boyer DB. Acid-etched, resin bonded cast metal prostheses: A retrospective study of 5- to 15-year-old restorations. *Int J Prosthodont* 1993;6:264-269.
24. Probst B, Henrich GM. 11-year follow-up study of resin-bonded fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 1997;10:259-268.
25. Dündar M, Ozcan M, Cömlekoğlu ME, Güngör MA. A preliminary report on short-term clinical outcomes of three-unit resin-bonded fixed prostheses using two adhesive cements and surface conditioning combinations. *Int J Prosthodont*. 2010 Jul-Aug;23(4):353-60.
26. Briggs P, Bishop K. The single unit, single retainer, cantilever resin-bonded bridge. *Br Dent J* 1996;181:373-379.
27. Hussey DL, Linden GJ. The clinical performance of cantilevered resin-bonded bridgework. *J Dent* 1996;24(4):251-256.
28. Botelho MG, Leung KC, Ng H, Chan K. A retrospective clinical evaluation of two-unit cantilevered resin-bonded fixed partial dentures. *J Am Dent Assoc*. 2006 Jun;137(6):783-8.

참 고 문 헌

29. Hansson O. Clinical results with resin-bonded prostheses and an adhesive cement. *Quintessence Int.* 1994 Feb;25(2):125-32.
30. Phark JH, Duarte S Jr, Blatz M, Sadan A. An in vitro evaluation of the long-term resin bond to a new densely sintered high-purity zirconium-oxide ceramic surface. *J Prosthet Dent.* 2009 Jan;101(1):29-38.
31. Duarte S Jr, Phark JH, Tada T, Sadan A. Resin-bonded fixed partial dentures with a new modified zirconia surface: a clinical report. *J Prosthet Dent.* 2009 Aug;102(2):68-73.
32. Yi YJ. The present and future of FRC restorations. *Clinical Dentistry* 2003;5:68-76.
33. van Heumen CC, Kreulen CM, Creugers NH. Clinical studies of fiber-reinforced resin-bonded fixed partial dentures: a systematic review. *Eur J Oral Sci.* 2009 Feb;117(1):1-6.
34. Magne P, Kim TH, Cascione D, Donovan TE. Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *J Prosthet Dent.* 2005 Dec;94(6):511-9.
35. Blatz MB, Chiche G, Holst S, Sadan A. Influence of surface treatment and simulated aging on bond strengths of luting agents to zirconia. *Quintessence Int.* 2007 Oct;38(9):745-53.