creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

치의학 박사학위 논문

열순환 처리한 이중-지대주에서 티타늄 링크 높이와 시멘트 유형이 지르코니아 지대주와의 유지력에 주는 영향

2013 년 10 월

서울대학교 대학원
치의과학과 치과생체재료과학 전공
신 홍 수

열순환 처리한 이중-지대주에서 티타늄 링크 높이와 시멘트 유형이 지르코니아 지대주와의 유지력에 주는 영향

신 홍 수

지도교수 임 범 순

이 논문을 치의학박사 학위논문으로 제출함.

2013 년 10 월

서울대학교 대학원
치의과학과 치과생체재료과학 전공
신 홍 수

신홍수의 치의학박사 학위논문으로 인준함.

2013 년 12 월

위 원 장 이 상 훈 인

부위원장 임 범 순 인

위 원 한 중 석 인

위 원 양 형 철 인

위 원 고 영 무 인

국문초록

열순환 처리한 이중-지대주에서 티타늄 링크 높이와 시멘트 유형이 지르코니아 지대주와의 유지력에 주는 영향

서울대학교 대학원 치의과학과 치과생체재료과학 전공

(지도교수 임 범 순)

신 홍 수

임플란트 시스템에서 심미성 개선을 위하여 세라믹 지대주 사용이 필요하지만 지르코니아 지대주를 단독으로 사용하는 경우 지대주의 파절 가능성이 있어서 티타늄 링크에 지르코니아 지대주를 연결하여 사용하는 티타늄-지르코니아 이중-지대주 (bicomponent abutment) 적용이 소개되었다. 본 논문에서는 티타늄-지르코니아 이중-지대주에서 티타늄 링크의 높이와 합착용 시멘트 유형이 지르코니아와의 유지력에 주는 영향을 평가하고자 하였다.

연결부 경사도 (taper)가 0°이고 높이가 각각 2.0 mm, 2.5 mm 및 3.0 mm인 티타늄 링크를 가공한 다음 각 티타늄 링크에 맞는 지르코니아 지대주를 CAD/CAM으로 제작하였다. 각 티타늄 링크와 지코니아 지대주의 적합도를 실체현미경으로 검사하여 링크 높이에 따라 각각 160 쌍을 준비하였다. 티타늄 링크의 측면에 제조사의 설명서에 따라 치과용 시멘트를 적용한 다음 지르코니아 지대주에 합착하였다. 합착한 이중 지대주는 37 °C 증류수에 24 시간 보관한 후 5 ℃와 55 ℃에서 5,000 회 열

순환 처리한 다음 pull-off 시험법으로 유지력을 측정하였다. Pull-off 시험은 만능시험기 (Instron 4466, USA) 지그에 이중-지대주 시편을 장착하고 1 mm/min의 하중속도 (crosshead speed)로 인장응력을 가하여 실시하였다. 각 실험군당 20 개 시편의 유지력을 측정하여 평균값과 표준편차를 구하였으며, *t-test*와 Newman-Keuls multiple comparisons test ($p = 0.05$)로 통계 분석하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 티타늄 링크 높이가 2.0 mm에서 2.5 mm로 증가함에 따라 지르코니아 지대주와의 유지력이 증가하는 양상을 보였으나 유의한 차이는 없었고 ($p > 0.05$), 높이가 3.0 mm로 증가하면 유지력은 유의하게 증가하였다 ($p < 0.05$).
2. 레진-강화형 글라스아이오노머로 접착한 실험군의 평균 유지력이 가장 낮은 값을 보였다. 인산아연 시멘트로 합착한 실험군의 평균 유지력은 레진-강화형 글라스아이오노머로 접착한 실험군 보다 높은 값을 보였으나, 유의한 차이는 없었다 ($p > 0.05$).
3. 접착성 기능기를 함유하지 않은 레진 시멘트로 접착한 실험군의 유지력은 인산아연 시멘트 또는 레진-강화형 글라스아이오노머로 접착한 실험군의 유지력과 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$).
4. MDP 또는 4-META 접착성 기능기 함유 레진 시멘트의 유지력은 다른 레진 시멘트 보다 유의하게 높은 유지력을 보였다 ($p < 0.05$).
5. 전부-부식형, 자가-부식형 및 자가-접착형 등 레진 시멘트의 유형에 따른 유지력의 일관성 있는 유의한 차이는 관찰되지 않았다.

주요어 : 이중-지대주, 티타늄 링크 높이, 지르코니아 지대주, 열순환 처리, 유지력

학 번 : 2008-31052

열순환 처리한 이중-지대주에서 티타늄 링크 높이와 시멘트 유형이 지르코니아 지대주와의 유지력에 주는 영향

서울대학교 대학원 치의과학과 치과생체재료과학 전공

(지도교수: 임 범 순)

신 홍 수

목 차

Ⅰ. 서 론

Ⅱ. 문헌 고찰

Ⅲ. 연구 재료 및 방법

Ⅳ. 연구 성적

Ⅴ. 총괄 및 고안

Ⅵ. 결 론

참고 문헌

영문 초록

Ⅰ. 서 론

임플란트 술식은 자연치의 삭제없이 상실된 자연치의 기능 회복 뿐 아니라 자연치와 유사하게 심미성을 재현할 수 있어 임상에서 중요한 분야가 되었다. 임플란트 시스템은 고정체 (fixture), 지대주 (abutment) 및 상부 보철물 (superstructure) 등으로 구성된다. 임플란트가 임상에 도입된 초기에는 임플란트 고정체에 관한 연구가 대부분 이었으나, 최근에는 지대주와 상부 보철물의 형태와 문제점 등을 개선하기 위한 연구들도 활발하게 진행되고 있다 (Taylor와 Agar, 2002; Sailer 등, 2007; Nakamura 등, 2010).

임플란트 시스템에서 자연치와 유사하게 심미성을 재현하기 위한 관심이 높아지면서 전치부 뿐 아니라 강한 저작력이 적용되는 구치부에도 티타늄 대신 세라믹을 이용하려는 경향이 증가하고 있다. 따라서 고강도 세라믹인 지르코니아를 임플란트 고정체, 지대주 및 상부 보철물 등에 응용하려는 연구도 점차 증가되고 있다 (Piconi와 Maccauro, 1999; Chevalier, 2006; Andreiotelli 등, 2009). Sailer 등 (2007)은 전치부 임플란트의 경우 자연치와 유사한 심미성을 재현하기 위하여 웃을 때 노출되는 부위, 치은의 바이오타입 (biotype), 인접치아의 색조 및 환자의 기대감 등을 치료 계획단계에서 고려하여야 한다고 하였다. Bressan 등 (2011)은 어떠한 수복재료를 선택하더라도 자연치 주변의 연조직 색조와 임플란트 주위 연조직 색조는 차이가 있을 수 있다고 하였으며, 티타늄 지대주를 사용하는 경우 금 합금 지대주 또는 지르코니아 지대주보다 주변 조직과의 색조 차이가 더 크게 관찰될 수 있다고 하였다. Andersson 등 (2001)은 알루미나 지대주를 사용한 단독 치아수복에서 지대주 파절율이 7% 정도라고 하였고, Andersson 등 (2003)은 짧은 고정성 보철물의 5년간 전향적 연구에서 티타늄 지대주 파절율은 0%인 반면, 세라믹 지대주 파절율은 약 1.9%라고 하였다. Nakamura 등 (2010)은 티타늄 지대주 또는 알루미나 지대주 모두에서 임플란트 주위 점막이 유사하게 발달한다고 하였으며, 3-4년간의 임상연구 결과에서 알루미나 지대주 주위 임플란트 연조직은 안정적이었지만, 기계적 특성이 부족한 알루미

나 지대주보다는 지르코니아 지대주에서 더 높은 성공 가능성을 기대할 수 있다고 하였다. 즉, 알루미나 지대주의 심미성은 티타늄 지대주보다 우수하였지만 기계적 강도는 다소 기대에 미치지 못한 것으로 관찰되었고, 이러한 문제를 해결하기 위하여 알루미나 지대주 대신 지르코니아 지대주 적용이 시도되고 있으며 임상 성공 가능성은 높을 것으로 예상하고 있다.

전치부 단일치 임플란트 수복에서 티타늄 지대주를 사용하는 경우 금속 색조가 치은을 통해 노출되지 않도록 수복물의 변연부를 치은 연하부위로 넣어 심미성 개선을 시도하기도 하였으나, 적용된 시멘트가 치은연하에 함입될 경우 제거하기 어렵고, 잔류되는 경우에는 병적 요인으로 작용할 위험성도 제기되고 있다. 또한 치은이 얇은 환자에게는 이러한 술식으로 심미성을 개선할 수 없다는 문제도 있다 (Yildirim 등, 2000; Heydecke 등, 2002; Wadhwani 등, 2011). 지르코니아 지대주를 적용하면 티타늄 지대주의 비심미성을 보완할 수 있고 자연스러운 빛 투과성 및 수복물의 변연 형태를 부여할 수 있는 장점이 있지만, 취성 (brittleness)과 저온열화 (low temperature degradation)에 따른 문제점으로 장기간 임상 적용에는 우려가 제기되기도 하였다. Gomes와 Montero (2011)는 1999 년에서 2009 년까지 발표된 지르코니아 지대주에 관한 연구 논문을 분석한 결과 지르코니아 지대주는 생체적합성이 뛰어나고 심미적으로 우수하며 높은 누적성공률을 보인다고 하였고, Nakamura 등 (2010)도 기존에 발표된 논문들을 분석하여 이와 유사한 결과를 발표하였다. Kim 등 (2013)은 1998 년에서 2010 년까지 외부-연결형 임플란트 상부에 지르코니아 (alumina-toughened zirconia) 지대주를 이용하여 시술한 보철물 중에서 5 년 이상 경과된 328 개 증례를 관찰한 연구에서 지르코니아 지대주 생존률은 95% 이상이었다고 하였다. 이와 같이 외부-연결형 임플란트에서는 지르코니아 지대주의 임상 성공 가능성이 신뢰할만한 하다고 할 수 있다. 그러나, 내부-연결형에서는 임플란트 고정체 내부로 연결되는 부분 (insert)까지 지르코니아로 구성될 경우에는 그 연결 부분이 파절 (fracture)이 시작되는 취약한 부위가 될 수 있으므로 이 연결 부위를 금속으로 제작한 티타늄 링크 (titanium base, metal insert, metal

secondary component)에 지르코니아 지대주를 합착한 티타늄-지르코니아 이중-지대주 (Ti-ZrO_2 bicomponent abutment)가 소개되어 임상 적용이 증가되고 있다 (Fig. 1).

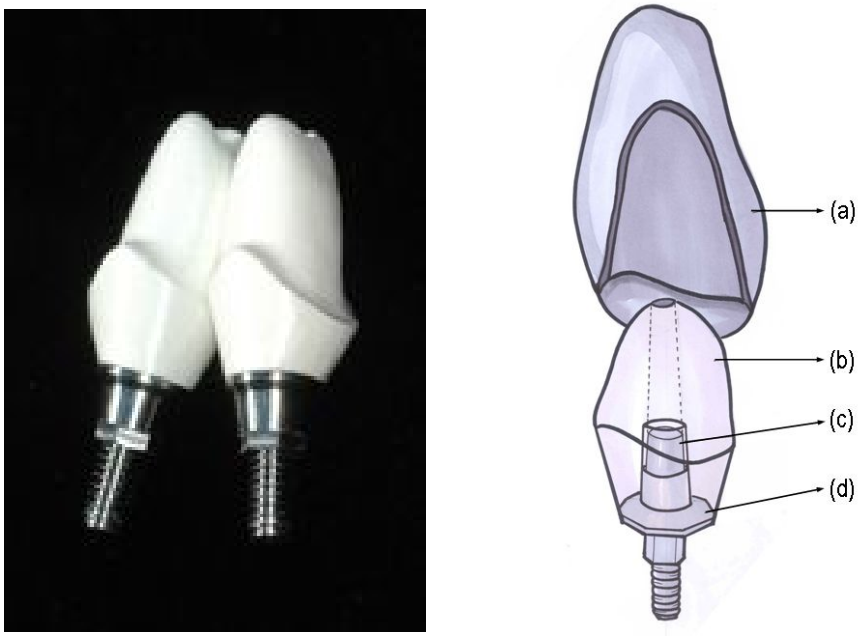


Fig. 1. Picture of titanium-zirconia bicomponent abutments system: a) completed crown, (b) zirconia abutment, (c) cement interface between titanium link and zirconia abutment, (d) titanium link (to titanium abutment).

Sailer 등 (2009)은 임플란트의 지르코니아 지대주 연결방식에 따른 파절강도를 평가한 결과 외부-연결형과 내부-연결형 모두에서 지르코니아 지대주 파절이 관찰되었다고 하였으며, 내부-연결형인 경우 2차 금속 연결부로 결합된 이중-지대주가 가장 높은 굴곡강도를 보였다고 하였다. Truninger 등 (2012)도 일체형 지르코니아 지대주와 티타늄-지르코니아 이중-지대주의 굽힘 모멘트를 측정한 결과 이중-지대주가 높은 값을 보였다고 하였다. 따라서 내부-연결형 임플란트의 경우는 기계적 특성이

우수한 티타늄 링크 (link)와 심미성이 우수한 지르코니아 지대주를 접착한 이중-지대주의 적용이 현재로서는 가장 적절한 방법으로 제시될 수 있다고 한다 (Canullo, 2007; Canullo 등, 2007; Canullo 등, 2013; Gehrke 등, 2013). 최근 소개된 이중-지대주가 임상 적용시 적절한 기능을 유지하기 위해서는 티타늄 링크와 지르코니아 지대주간의 우수한 접착력이 필수적이지만 지르코니아와 티타늄의 접착에 관한 연구 문헌은 많지 않은 실정이다.

치과용 수복물 및 보철물의 접착력은 접착제 (adhesive)의 화학적 접착력 뿐 아니라 피착제 (adherend)의 표면 거칠기 (roughness)와 피착제에 대한 접착제의 적심성 (wettability) 등과 같은 다양한 요소에 영향을 받을 수 있다. Asmussen 등 (2005)은 티타늄 합금, 글라스 섬유 콤포짓트 및 지르코니아 표면을 다양한 방법으로 처리한 후 접촉각 (contact angle)과 접착강도의 상관성을 검토한 결과 피착제의 표면 에너지 특성 외에 다른 요소가 접착강도에 영향을 줄 수 있다고 하였다. 일반적으로 전부 크라운 (full crown)의 유지력 (retention)은 지대치의 기하학적 구조와 표면적, 표면 거칠기, 수복물의 내면 적합성 및 적용한 시멘트의 유형 등에 의해 영향을 받는다고 하는데 (Goodacre 등, 2001; Bernal 등, 2003; Martins-Pinto 등, 2008), 지르코니아 전부-세라믹관의 경우에서는 기존의 치과용 도재 (porcelain)와는 달리 화학적 접착 효과를 거의 기대할 수 없으므로 지대치의 기하학적 구조가 보철물의 유지력 획득에 매우 중요한 역할을 할 수도 있다.

Jørgensen (1955)은 시멘트로 접착한 전부-세라믹관의 유지력은 삭제된 치아의 마주보는 두 측면 사이에서 이루어지는 각도인 지대치의 수렴각 (convergence angle)이 작을수록 우수한 유지력을 얻을 수 있다고 하였다. 치아를 삭제하는 측면에서 최대 유지력을 얻기 위한 최소한의 지대치 형성 수렴각은 4° - 10° 범위라고 하였지만 (Tylman, 1963), 임상에서 실제 이러한 수렴각을 얻기는 매우 어렵다고 한다 (Weed와 Baez, 1984). Shillingburg 등 (1997)은 보철물이 최대 유지력을 얻기 위해서는 수렴각이 6°가 되어야 한다고 제시하였으나, Nordlanger 등 (1988)은 실제 임상에서는 일반적으로 평균 20°의 수렴각으로 지대치를 삭제한다고

하였고, Tuntiprawon (1999)는 이와 같이 큰 수렴각으로 지대치를 삭제하는 경우에는 유지력 향상을 위하여 표면을 거칠게 시키는 방법이 추가로 적용된다고 하였다. Beuer 등 (2008)은 CAD/CAM으로 제작된 지르코니아 코핑의 경우 지대치 수렴각이 12°일 때 가장 우수한 적합도가 관찰되었다고 하였다.

자연치가 아닌 임플란트 지대주에 시멘트로 합착한 보철물의 유지력도 시멘트의 유형과 피막도, 지대주 표면의 거칠기, 지대주의 보철물과 접착되는 면적 (또는 높이) 및 지대주의 경사도 (taper) 등이 영향을 줄 수 있다고 한다 (Hebel과 Gajjar, 1997; Covey 등, 2000; Bernal 등, 2003; Bresciano 등, 2005; Kim 등, 2006; Özcelik와 Yilmaz, 2009). Heintze (2010)는 지대주의 경사도가 작을수록 지대주의 높이 (또는 표면적)가 증가되면 기계적 유지력도 증가될 것이라고 하였지만, Güncü 등 (2011)은 지대주의 표면적이 증가되어도 유지력은 증가하지 않는다는 연구 결과를 발표하였고, Carnaggio 등 (2012)은 레진 시멘트로 접착하는 경우 지대주의 표면적이 유지력에 주는 영향은 감소된다고 하였다.

현재 임상에서 보철물 접착에 사용하고 있는 치과용 시멘트로는 인산아연 시멘트, 글라스아이오노머 시멘트 및 레진 시멘트 등이 있다. 이중 인산아연 시멘트는 치수를 자극하는 문제가 있으나, 작업시간이 충분하고 피막도가 얇은 장점으로 가장 오랫동안 임상에 사용되고 있다. 1972년 치과용으로 소개된 글라스아이오노머 시멘트는 초기 용해도가 높은 단점이 있지만 불소 유출과 치질과의 화학적 결합 등의 장점이 있으며, 레진 성분이 추가되어 수분 민감성과 용해도를 감소시키고 기계적 특성이 개선된 레진-강화형 글라스아이오노머 (resin-modified glass ionomer, RMGI)가 소개되어 사용되고 있다. 최근 접착력이 우수한 특수 기능기 (MDP, 4-META, methacrylated phosphoric ester monomer 등)를 함유한 다양한 레진 시멘트가 소개되어 대부분의 보철물 접착에 사용하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 현재 임상에서 사용하고 있는 치과용 인산아연 시멘트, 레진-강화형 글라스아이오노머 시멘트 및 다양한 레진 시멘트로 티타늄 링크와 지르코니아 지대주를 접착한 이중-지대주를 5,000회 열순환

처리한 다음 pull-off 시험법으로 유지력을 평가하여 티타늄 링크 연결부 높이와 합착에 사용한 시멘트 유형이 유지력에 주는 영향을 알아보고자 하였다.

Ⅱ. 문헌 고찰

치과용 재료의 물성 평가를 위한 임상 시험은 비용과 시간이 과도하게 요구되어 실험실에서 구강내 조건을 재현할 수 있는 대체 시험법이 적용되고 있다. 구강내 조건에서 접착 내구성을 평가하기 위하여 주로 사용하는 실험실 시효처리 방법으로 열순환 처리법과 물 (37 ℃)에 장기간 보관하는 방법이 있는데, 열응력 (thermal stress) 변화와 장기간 수분 노출 효과를 평가할 수 있는 열순환 처리법은 접착계면에서의 자발적인 시효 (aging) 재현에 자주 사용되고 있다 (Saboia 등, 2009). 재료들의 열팽창계수 차이로 생성되는 반복적인 수축-팽창 응력과 계면에서 수분 노출로 가속화된 화학 분해를 촉진시킬 수 있는 열순환 처리법은 구강내에서 수복물의 접착력 내구성 평가에 적절한 방법이 될 수 있다고 한다 (Amaral 등, 2007).

시편의 보관 매질 (증류수, 구강타액), 열순환 조건 (각 수조의 온도, 각 수조에서 유지 시간 및 각 수조간 이동시간) 및 열순환 횟수 등이 열순환 처리 효과에 영향을 줄 수 있으므로 적용된 열순환 처리 조건에 대한 정확한 정보 없이 발표된 다른 연구 결과들을 직접 비교하는데는 문제가 있을 수 있다. ISO/TR 11405:2003 (Dental Materials - Testing of adhesion to tooth structure) 국제기준규격에서는 5 ℃와 55 ℃ 물에서 500 회 열순환 처리법을 구강내 접착된 수복물의 시효 과정을 재현하기 위한 최소한의 처리법으로 제안하고 있다. 그러나, Nikaido 등 (2002)은 ISO 규격에 따른 500 회 열순환 처리가 편평한 상아질 표면에 접착한 시편의 접착강도에는 영향을 주지 못하였다고 하였다. 또한 Omar 등 (2007)은 열순환 처리를 3,000 회로 증가시킨 경우에도 자가-부식형 접착제의 접착력에는 유의한 영향을 주지 못하였다고 하였다. 반면, Saboia 등 (2009)은 6,000 회 열순환 처리한 경우 접착강도가 감소되었다고 하였고, Helvatjoglu-Antoniades 등 (2004)은 5,000 회 열순환 처리한 경우에 접착강도가 급격하게 감소되었다고 하였다. 따라서 Amaral 등 (2007)은 일정 횟수 이상의 많은 횟수로 열순환 처리하여야 접착강도에 유의한 영

향을 줄 수 있을 것으로 보인다고 하였다. Gale과 Darvell (1999)은 구강내에서 하루에 20 – 50 회 열순환이 진행된다고 가정하고 10,000 회 열순환 처리를 실시한다면 실제 임상에서 약 1 년의 시효 효과를 기대할 수 있다고 하였는데, 이 경우 5,000 회 또는 10,000 회 열순환 처리를 실시하면 각각 약 6개월 또는 1년간 구강내에서 경과된 경우와 유사한 임상 결과를 얻을 수 있을 것으로 예상할 수 있다.

손상된 자연치의 기능을 회복시킬 뿐 아니라 적절하게 심미성을 재현시킬 수 있는 치료에 대한 관심이 높아지면서 임상에서 치과용 합금 보다는 심미성이 우수한 세라믹을 적용하려는 경향으로 고강도 세라믹인 지르코니아의 응용 범위가 크게 증가하고 있다. 치과용 지르코니아 재료로 Cercon (DeguDent, Germany), Lava (3M ESPE, Germany), Procera AllZirkon (Nobel Biocare, Germany), Zerion (Straumann, Germany), Zenotec (Wieland, Germany) 및 Everest (Kavo, Germany) 등의 새로운 지르코니아 시스템이 지속적으로 소개되고 있지만, 지르코니아 수복물들이 구강내에서 안정적으로 장기간 기능을 유지하기 위해서는 지르코니아 수복물을 적절하게 접착시킬 수 있는 방법이 필요하다 (Denry와 Kelly, 2008). 따라서 새로운 치과용 세라믹 소재의 개발 뿐 아니라 신소재 세라믹의 접착력을 개선하려는 다양한 연구들이 지속적으로 진행되고 있다 (Amaral 등, 2008).

현재 임상에서는 인산아연 시멘트, 폴리카복실레이트 시멘트, 글라스아이오노머 시멘트, 레진-강화형 글라스아이오노머 및 레진 시멘트 등의 합착용 시멘트 (luting cements)를 세라믹 수복물의 접착에 사용하고 있다. 합착용 시멘트에 관하여는 많은 연구들이 진행되었지만, 최상의 시멘트 선택 기준은 아직 명확하지 않은 실정으로 대부분 각 시멘트의 장·단점, 접착할 수복물의 디자인 (단순 유지 또는 화학 결합), 수분 조절 및 수복물의 재질 등에 따라 임상 상황에 적절한 시멘트를 선택하여 적용하고 있다. 초기에는 지르코니아 수복물을 인산아연 시멘트나 글라스아이오노머 시멘트로 합착하였지만, 최근에는 변연 봉쇄능과 유지력이 우수하고 세라믹 수복물의 파절 저항성을 증가시킬 수 있는 레진 시멘트 적용도 증가하고 있다.

치과용 레진 시멘트는 중합기전 (polymerization mechanism)에 따라 광-중합형 (light-cure), 화학-중합형 (chemical-cure, self-cure, cold-cure) 및 이중-중합형 (dual-cure) 레진 시멘트로 분류되고 있지만, 이 분류법이 레진 시멘트의 특성을 적절히 반영하지 못한다고 하여 최근에는 전부-부식형 (total-etch), 자가-부식형 (self-etching) 및 자가-접착형 (self-adhesive) 레진 시멘트로 분류되기도 한다 (Burgess 등, 2010). 전부-부식형 레진 시멘트는 산-부식제 (etchant)로 치질을 산-처리한 후 프라이머 (primer)로 전처리한 다음 접착용 레진 (adhesive resin)을 적용하여 가장 우수한 치질-수복물 접착력을 제공할 수 있지만, 여러 단계의 접착 술식이 복잡하여 사용법에 숙련되지 않은 술자의 경우 접착 효용성 극대화에 어려움이 있을 수 있다. 임상에서 사용되고 있는 전부-부식형 레진 시멘트 제품으로는 Calibra (Dentsply Caulk, USA), Choice 2 (Bisco, USA), Nexus (Kerr, USA), RelyX ARC (3M ESPE, USA) 및 Variolink II (Ivoclar-Vivadent, Liechtenstein) 등이 있으며, 제품에 따라 광-중합형 또는 이중-중합형 등의 형태로 출시되고 있다.

자가-부식형 레진 시멘트로는 Multilink Automix (Ivoclar-Vivadent)와 Panavia (Kuraray, Japan) 등의 제품이 있는데, 치질 표면을 자가-부식형 프라이머 (self-etching primer)로 전처리한 다음 혼합한 레진 시멘트를 적용하는 방식으로 치질과의 접착력은 전부-부식형 레진 시멘트와 유사하게 높은 값을 보인다고 한다. 가장 최근에는 치질에 접착하기 위하여 산-부식제, 프라이머 및 접착 레진 등의 다단계 적용 과정이 필요하지 않는 자가-접착 이중-중합형 레진 시멘트가 소개되었다. 자가-접착형 레진 시멘트의 접착력은 각 제품마다 큰 차이를 보이며, 일반적으로 전부-부식형 레진 시멘트보다는 접착력이 낮다고 한다 (Burgess 등, 2010). 현재 상용중인 자가-접착형 레진 시멘트로는 BisCem (Bisco, USA), Clearfil SA Cement (Kuraray, Japan), G-Cem (GC, Japan), iCem (Kulzer, Germany), Maxcem Elite (Kerr, USA), Multilink Automix (Ivoclar-Vivadent), RelyX Unicem (3M ESPE), RelyX Unicem 2 Automix (3M ESPE), Smart-Cem 2 (Dentsply Caulk, USA) 및 Speed-CEM (Ivoclar-Vivadent) 등의 제품이 있다.

자가-접착형 레진 시멘트는 재래형 시멘트와 레진 시멘트의 문제점을 개선하고, 다단계인 접착 술식을 단순화시킨 단일품으로 구성된 제품으로 약 10 년 전에 처음으로 소개되었다 (Radovic 등, 2008). 기존의 치과용 레진 시멘트와 자가-부식형 프라이머의 특성을 융합시켜 개발한 자가-접착형 레진 시멘트는 치질 표면을 전처리하지 않고 혼합한 시멘트를 바로 적용하는 단순한 술식을 적용하여 인산아연 시멘트나 폴리카복실레이트 시멘트와 유사하게 1 회 적용법이 가능한 장점이 있다. 제조사에서는 치질 표면의 도말층 (smear layer)을 제거하지 않기 때문에 술후 민감성 (postoperative sensitivity)도 거의 유발되지 않는 장점도 있다고 하였다. 또한, 자가-접착형 레진 시멘트는 수분 저항성이 우수하고 글라스아이오노머 시멘트와 유사하게 불소 이온 유출이 가능하며, 심미성, 기계적 특성, 체적 안정성 및 미세기계적 유지력 등이 레진 시멘트와 대등하여 다양한 범위에 적용이 가능할 것으로 보인다. 상용 레진 시멘트의 접착력은 제품에 따라 차이가 있을 수 있지만, 일반적으로 전부-부식형 레진 시멘트의 접착력이 가장 우수하고, 자가-부식형 레진 시멘트가 중간 정도를 보이며, 자가-접착형 레진 시멘트는 자가-부식형의 경우와 거의 유사한 접착력을 보이는 것으로 알려져 있다.

전부-세라믹 수복물을 적용하기 위해서는 금속 수복물의 경우 보다 교합부 치질 삭제가 더 많아야 하므로 수복물의 유지력이 감소될 수 있는데, 접착력이 우수한 자가-접착형 레진 시멘트로 접착시키면 유지력을 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 술식을 단순화시킬 수 있다. 자가-접착형 레진 시멘트는 무기물 필러 (filler)와 치질의 수산화인회석과 접착할 수 있는 다기능 인산계 메타크릴레이트 단량체 (methacrylated phosphoric ester monomer) 또는 산성 단량체 (acidic monomer)를 포함한 유기물 기질로 구성되어 있다. 자가-부식형 레진 시멘트와 유사하게 자가-접착형 레진 시멘트에 함유된 인산화 메타크릴레이트는 수분 또는 치아 표면의 수분과 접촉할 경우 시멘트의 pH를 낮추는 작용으로 법랑질보다 상아질을 더 쉽게 산-부식 효과를 주게 되어 상아질에 대한 접착력이 법랑질보다 높게 얻을 수 있게 된다. 산-부식이 진행됨에 따라 시멘트가 산-부식된 치질 표면에 침투되고, 침투된 시멘트가 중합되면 미세기계적

결합을 형성할 수 있게 된다. 비록 자가-접착형 레진 시멘트 중 일부는 장기간 산성이 유지되는 경우도 있지만, RelyX Unicem 등과 같은 시멘트는 중합이 진행되면서 중화되면서 pH가 증가하여 낮은 pH에 의한 문제는 없다고 한다. 시멘트 경화 중에 형성된 수분은 시멘트의 초기 친수성을 유도하고 산성 pH를 중화시키는 역할을 하며, 일부 자가-접착형 레진 시멘트에서는 불소 이온 유출이 가능한 필러가 산성 단량체와 반응하여 불소 이온을 유출하기도 한다고 한다.

치과용 수복물을 접착할 때 효과적인 미세기계적 유지력을 얻는 것은 매우 중요하다. 거친 표면에 침투된 레진이 중합되어 형성한 미세기계적 유지력은 레진-세라믹 시스템에서 가장 중요한 접착기전이 될 수 있다. 미세기계적 유지력을 얻을 수 있는 세라믹 표면을 형성하기 위하여 다양한 방법이 적용되고 있는데, 치과용 세라믹은 미세구조, 성분 및 강도 등에 큰 차이가 있어 표면처리법에 따라 다양한 유지력을 얻을 수 있다. 실리카를 다량 함유하는 feldspathic porcelain, leucite-reinforced porcelain 및 lithium disilicate porcelain 등과 같은 세라믹 수복물들은 불산 (hydrofluoric acid)으로 표면처리하면 표면적과 표면에너지가 증가되고 적심성이 향상되어 수복물의 접착력을 증가시킬 수 있다. 그러나, 실리카를 함유하지 않은 알루미나와 지르코니아 같은 고강도 세라믹은 불산 처리 효과를 전혀 기대할 수 없을 뿐 아니라, 일반적으로 지르코니아는 불포화 결합, 표면전하 및 수분 흡착 등으로 공유결합을 위한 표면에 있는 수산화기 (hydroxyl group)가 충분하지 않아 화학 결합이 어려운 문제가 있다 (Özcan, 2003). 따라서 지르코니아 수복물의 접착력을 개선하기 위한 다양한 표면 처리법과 지르코니아와 화학 결합할 수 있는 기능성 단량체 (functional monomer) 함유 레진 시멘트를 개발하려는 연구가 많이 진행되고 있다 (Bottino 등, 2005; Atsu 등, 2006; Tanaka 등, 2008).

지르코니아에 대한 레진 시멘트의 접착력은 표면 거칠기에 의한 미세기계적 유지력과 세라믹 표면 활성화에 의한 화학 결합력에 영향을 받을 수 있다고 한다 (Thompson 등, 2011). 치과용 세라믹 표면을 거칠게 하는 방법으로는 연삭 (grinding), 다이아몬드 버 (diamond bur) 등에 의한

연마 (abrasion), 샌드블라스팅 (sandblasting), 불산으로 산-부식 (acid-etching with HF) 및 이러한 방법의 다양한 조합 등이 있는데 지르코니아의 경우 알루미나 입자를 이용한 샌드블라스팅 처리 또는 실리카 코팅된 알루미나를 이용한 tribochemical 실리카 코팅 처리 (Rocatec)를 주로 이용하고 있다. Behr 등 (2011)은 지르코니아 표면을 샌드블라스팅 또는 Rocatec 처리하고 레진 시멘트 (Calibra, Maxcem, Multilink, Panavia F 2.0, RelyX Unicem 및 Variolink II)로 코발트-크롬 합금 블럭을 접착시킨 후 시효 처리 (90 일간 수중 보관 또는 12,000 회 열순환 처리)하여 인장 접착강도를 측정한 결과 대부분의 레진 시멘트는 지르코니아와 적절한 접착력을 장기간 유지하지 못하는 것으로 관찰되어 특수 기능기 함유 레진 시멘트를 적용한 경우에도 내구성 있는 접착력은 기대할 수 없다고 하였다.

샌드블라스팅 처리는 치과용 수복물의 우수한 접착력을 얻기 위한 필수 과정으로 사용하고 있지만, 샌드블라스팅 과정에서 수복물 형태의 변형, 변연 부위 손상 및 표면 결함 생성 등의 문제가 제기되기도 하였다 (Zhang 등, 2004). 그러나 알루미나 또는 지르코니아와 같은 고강도 세라믹은 기계적 특성이 너무 높아 오히려 샌드블라스팅 처리 효과가 충분하지 않을 수 있다는 의견도 제기되었다. 지르코니아는 표면경도가 높기 때문에 샌드블라스팅 처리 후에도 표면에는 약간의 undercut만 형성되고 표면 거칠기도 나노미터 (nm) 수준으로 크게 증가하지 않아 적절한 홈을 형성하거나 미세한 기계적 유지력을 얻기는 어렵다는 연구 결과도 있다 (Derand 등, 2005). 치과용 합금의 표면경도와 샌드블라스팅 처리 효과가 반비례한다는 연구결과를 고려하여 입자 크기가 큰 알루미나로 지르코니아 표면을 샌드블라스팅 처리하면 표면 거칠기가 증가되어 미세기계적 유지력도 증가시킬 수 있다는 연구도 있다 (Lüthy 등, 2006).

수복물의 접착력을 증가시키기 위하여 수복물 표면에 실리카 코팅 처리하거나 실레인 (silane) 프라이머로 전처리를 실시하고 있다. 1989 년 실리카 코팅 장치인 Rocatec system (3M ESPE)이 소개되었는데, 치과용 합금이나 세라믹 표면을 실리카 코팅된 알루미나 (110 ㎛)로 샌드블라스팅 처리하여 표면에 tribochemical 실리카 층을 형성하는 장치로 치과

용 수복물과 보철물의 접착력 증가를 위하여 광범위하게 사용되고 있다. 진료실에서 크기가 작은 30㎛ 입자로 구강내의 치과용 수복물 또는 보철물에 실리카 코팅 처리할 수 있는 CoJet system (3M ESPE)도 개발되었다. 세라믹 표면에 실리카 코팅 처리로 형성된 실리카 층은 세라믹 표면이 실레인 프라이머와 반응할 수 있도록 도움을 주고, 레진 시멘트와 화학 결합을 하여 세라믹-레진 결합을 향상시키는 역할을 한다. 따라서 세라믹 표면을 tribochemical 실리카 코팅 처리하면 샌드블라스팅에 의한 미세기계적 유지력 뿐 아니라 표면의 실리카 입자에 의한 화학결합을 함께 얻을 수 있어 우수한 접착력을 장기간 유지할 수 있다고 한다 (Bottino 등, 2005).

그러나 지르코니아에 대한 실리카 입자들의 접착력이 다른 치과용 세라믹에서 보다 낮을 수 있기 때문에 tribochemical 실리카 코팅 효과가 다소 적을 수 있다는 연구 결과도 있으며 (Amaral 등, 2006), Tanaka 등 (2008)은 지르코니아의 기계적 강도가 높기 때문에 tribochemical 실리카 코팅 처리로 표면 거칠기는 크게 증가되지 않는다고 하였다. Matinlinna 등 (2006)은 실리카 코팅 처리한 지르코니아 표면을 EDXA 분석한 결과 Si 함량은 11.2 at%로 낮은 값을 보였다고 하였는데, 지르코니아 표면이 단단하여 코팅 효과가 적은 것으로 추정하였다. Oyagüe 등 (2009a)은 샌드블라스팅 처리한 경우와 tribochemical 실리카 코팅 처리한 경우 전단접착강도는 유의한 차이가 없었다고 하였는데, 2가지 표면처리법에 의한 지르코니아의 평균 표면 거칠기는 유사하고 건조 조건에서는 화학 접착력도 유사한 안정성을 보였기 때문이라고 하였다. 그러나 열순환 처리 후에는 샌드블라스팅 처리한 시편의 전단접착강도가 유의하게 감소된 반면, 실리카코팅 처리한 시편의 접착력은 유의한 변화를 보이지 않았다고 하였다. 이 결과로 지르코니아 표면과 MDP 함유 레진 시멘트의 화학 접착력도 열 또는 가수분해 환경에서는 안정되지 못함을 알 수 있었다. 지르코니아와 레진 시멘트의 안정된 접착력을 얻기 위한 일관성 있는 지르코니아 표면처리법은 아직 제시되고 있지 않으며, 어떤 레진 시멘트 제조사에서는 지르코니아 표면의 추가 처리를 추천하지 않는 경우도 있다.

Ⅲ. 연구 재료 및 방법

1) 연구재료

본 연구에서는 연결부 링크 높이가 다양한 (2.0 mm, 2.5 mm 및 3.0 mm) 3가지 티타늄 링크 (MonoDent, Korea)를 제작하였고, 티타늄 링크와 적합한 지르코니아 지대주 (Acucera, Korea)를 CAD/CAM으로 제작한 다음 현재 임상에서 사용하고 있는 8종의 치과용 시멘트 (인산아연 시멘트 1종, 레진-강화형 글라스아이오노머 1종 및 레진 시멘트 6종)로 티타늄 링크와 지르코니아 지대주를 접착시켜 5,000회 열순환 처리한 다음 유지력을 측정하였다 (Table 1).

Table 1. Dental cements used in this study

Dental cements	Code	Main components	Manufacturer
Fleck's	FL	zinc phosphate	Mizzy, USA
RelyX Luting2	RL	resin-modified glass ionomer	3M ESPE, USA
RelyX U200	RU	methacrylated phosphoric ester monomer	3M ESPE, Germany
Panavia F 2.0	PF	MDP	Kuraray, Japan
Clearfil SA Luting	CS	MDP, Bis-GMA, TEGDMA	Kuraray, Japan
Super-Bond C&B	SB	4-META, MMA	Sun Medical, Japan
U-Cem	UC	4-META, UDMA, HEMA	Vericom, Korea
ResiCem	RC	4-AET, UDMA, HEMA	Shofu, Japan

Note: MDP = 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate;
4-META = 4-methacryloxyethyl trimellitic acid;
4-AET = 4-acryloxyethyl trimellitic acid.

2) 연구방법

2-1. 링크 높이가 다양한 티타늄 지대주 제작

원통형 티타늄 (grade V)을 기저부 (base part)는 직경 4.9 mm와 높이 9.0 mm가 되도록 하고, 지르코니아 지대주와 연결부 (adhesion part)인 링크 (link)는 직경 3.6 mm와 3 가지 높이 (2.0 mm, 2.5 mm 및 3.0 mm)로 각각 가공하여 160 개의 티타늄 지대주를 제작하였다. 가공한 티타늄 링크의 양쪽 측면은 경사도 0°으로 서로 평행이 되도록 하였으며, pull-off test로 유지력을 측정하기 위한 장치 연결용 구멍을 기저부에 형성하였다 (Fig. 2a). 티타늄 링크에서 지르코니아 지대주와 접착되는 표면은 아무처리하지 않은 기계 가공된 (machined) 상태로 시험에 사용하였다.

2-2. 지르코니아 지대주 제작

제작한 각 티타늄 링크에 맞는 지르코니아 지대주는 CAD/CAM으로 Zirace 블록 (Acucera, Korea)을 두께 0.5 mm가 되도록 음각 가공하여 링크의 연결부 높이에 따라 각각 160 개를 제작하였다. 지르코니아 지대주에도 유지력 측정을 위한 장치 연결용 구멍을 형성하였고 (Fig. 2a), 티타늄 링크와 접착되는 지르코니아 지대주 내면도 아무처리하지 않은 기계 가공 상태로 시험에 사용하였다. 각 티타늄 링크와 지르코니아 지대주의 적합도는 8 배 실체 현미경 (SMU-Z, Nikon, Japan)으로 검사하여 적절한 조합만 유지력 측정에 사용하였다.

2-3. 티타늄 링크와 지르코니아 지대주 합착

티타늄 링크와 지르코니아 지대주를 연결부 높이에 따라 20 개씩 8 개의 실험군으로 분류하고, 인산아연 시멘트 (Fleck's), 레진-강화형 글라스 아이오노머 (RelyX Luting2) 및 레진 시멘트 (RelyX U200, Panavia F 2.0, Clearfil SA Cement, SuperBond C&B, U-Cem 및 ResiCem)를 제조사의 설명서에 따라 티타늄 링크 측면에만 도포한 다음 지르코니아 지대

주를 합착하였다. 레진 시멘트의 경우는 각 제품에 포함된 프라이머로 접착될 부위를 전처리한 다음 레진 시멘트를 적용하였는데, U-Cem의 경우 제조사가 추천한 프라이머인 Clearfil Ceramic primer (Kuraray, Japan)로 전처리하였다. 티타늄 링크 윗면은 접착이 되지 않도록 바세린을 얇게 도포하였다. 광-중합형 또는 이중-중합형 시멘트인 경우에는 LED 광중합기 (Elipar, 3M ESPE, USA)로 3 방향에서 20 초씩 광조사한 후 과량의 시멘트를 제거하였다. 모든 시편은 합착 후 정하중 압축시험기(Seiki, Japan)에서 5 kg 하중으로 가압하고 10 분간 유지하여 접착이 완료되도록 하였는데, 광-중합형 (이중-중합형)인 경우에는 3 방향에서 20 초씩 추가 광조사한 다음 10 분간 가압 상태를 유지하였다 (Fig. 2b).

(a) (b)

Fig. 2. Picture of specimens; a) zirconia coping and titanium link with different height of adhesion part (2.0 mm, 2.5 mm and 3.0 mm), b) zirconia coping cemented to titanium link.

2-4. 열순환 처리 (thermocycling treatment)

티타늄 링크에 지르코니아 지대주를 합착한 이중-지대주 시편은 37 ℃ 증류수에 24 시간 보관한 다음 5 ℃와 55 ℃ 수조에서 각각 30 초씩 유

지하는 방법으로 5,000 회 열순환 처리한 다음 유지력을 측정하였다.

2-5. 티타늄 링크와 지르코니아 지대주의 유지력 측정

5,000 회 열순환 처리를 완료한 이중-지대주 시편은 만능시험기 (Instron 4466, USA)에 장착된 지그에 연결한 다음, 1 mm/min의 하중속도 (crosshead speed)로 지르코니아 지대주가 티타늄 링크에서 분리될 때까지 인장응력을 적용하는 pull-off test를 시행하였다 (Fig. 3). 합착한 지르코니아 지대주가 티타늄 링크에서 분리되는 순간의 최대 하중값 (N)을 기록하였다. 각 실험군 당 20 개 시편을 대상으로 유지력을 측정하여 평균값과 표준편차를 계산하였고, *t-test*와 Newman-Keuls multiple comparisons test로 통계 분석하였다 ($p = 0.05$).

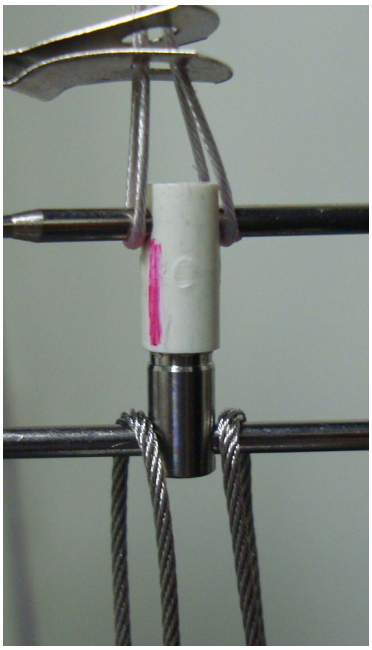


Fig. 3. Pull-off retention test between titanium link and zirconia abutment by tensile load using universal testing machine.

Ⅳ. 연구 성적

Table 2에는 티타늄 링크를 지르코니아 지대주에 합착시킨 후 5,000회로 측정한 결과를 정리하였다 (Fig. 4). 합착부위인 티타늄 링크의 높이가 증가할수록 유지력은 증가하는 양상을 보였는데, 티타늄 링크의 높이에 따른 유지력의 유의한 증가는 적용한 시멘트에 따라 상이하였다. 레진-강화형 글라스아이오노머 (RL)로 합착한 실험군의 유지력이 유의하게 가장 낮은 값을 보였고 ($p < 0.05$), 인산아연 시멘트 (FL)로 합착한 실험군의 평균 유지력이 그 다음으로 낮았지만 레진 시멘트로 합착한 실험군과는 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$).

재래형 시멘트인 인산아연 시멘트 (FL)로 합착한 실험군에서 티타늄 링크의 높이가 증가함에 따라 유지력은 230.8 ± 47.2 N (2.0 mm)에서 245.1 ± 63.7 N (2.5 mm) 및 276.2 ± 64.9 N (3.0 mm)으로 증가하는 양상을 보였으나, 티타늄 링크 높이가 2.0 mm와 3.0 mm 실험군에서만 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 레진-강화형 글라스아이오노머 (RL)로 합착한 실험군에서도 티타늄 링크의 높이가 증가함에 따라 유지력은 208.8 ± 53.3 N에서 231.2 ± 59.3 N 및 257.1 ± 65.6 N으로 증가하는 양상을 보였으며, 티타늄 링크 높이가 2.0 mm와 3.0 mm 실험군에서만 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).

자가-접착형 레진 시멘트인 RelyX Unicem (RU)로 접착한 실험군의 경우는 평균 유지력이 티타늄 링크 높이에 따라 각각 245.0 ± 55.4 N, 265.5 ± 68.7 N 및 302.4 ± 61.2 N으로 인산아연 시멘트로 합착한 FL군 보다 다소 높았지만, FL군과 유의한 차이는 없었다 ($p > 0.05$). 티타늄 링크의 높이가 증가함에 따라 평균 유지력은 증가하는 양상을 보였으나, 2.0 mm와 3.0 mm 실험군에서만 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$).

MDP 기능성 단량체를 함유한 자가-부식형 레진 시멘트 Panavia F 2.0 (PF)으로 접착한 실험군의 평균 유지력이 티타늄 링크 높이에 따라 각각 263.2 ± 43.3 N, 288.1 ± 52.4 N 및 337.1 ± 58.6 N으로 티타늄 링크 높이가 3.0 mm 실험군의 경우에서만 RU군 보다 유의하게 높은 값을 보였

다 ($p < 0.05$). MDP 기능성 단량체를 함유한 자가-접착형 레진 시멘트 Clearfil SA Luting (CS)으로 접착한 실험군의 평균 유지력은 티타늄 링크 높이에 따라 각각 270.7 ± 47.8 N, 299.9 ± 60.4 N 및 341.9 ± 57.6 N으로 동일한 MDP 기능기를 함유한 PF군 보다 평균 유지력은 다소 높은 값을 보였으나 유의한 차이는 없었다 ($p > 0.05$).

Table 2. Retention force (N) between titanium link and zirconia abutments after thermocycling (5,000).

Groups	Height (surface area) of link		
	2.0 mm (22.61 mm^2)	2.5 mm (28.26 mm^2)	3.0 mm (33.91 mm^2)
FL	$230.8 \pm 47.2^{a,b,1}$	$245.1 \pm 63.7^{c,d,1,2}$	$276.2 \pm 64.9^{f,2}$
RL	$208.8 \pm 53.3^{b,3}$	$231.2 \pm 59.3^{c,3,4}$	$257.1 \pm 65.6^{f,4}$
RU	$245.0 \pm 55.4^{a,b,5}$	$265.5 \pm 68.7^{c,d,e,5,6}$	$302.4 \pm 61.2^{f,g,6}$
PF	$263.2 \pm 43.3^{a,7}$	$288.1 \pm 52.4^{d,e,7}$	$337.1 \pm 58.6^{g,8}$
CS	$270.7 \pm 47.8^{a,9}$	$299.9 \pm 60.4^{d,e,9}$	$341.9 \pm 57.6^{g,10}$
SB	$270.4 \pm 45.7^{a,11}$	$301.3 \pm 66.1^{d,e,11}$	$349.2 \pm 63.9^{g,12}$
UC	$277.3 \pm 57.3^{a,13}$	$310.7 \pm 69.5^{e,13}$	$358.3 \pm 72.9^{g,14}$
RC	$253.9 \pm 51.8^{a,15}$	$272.0 \pm 53.3^{c,d,e,15}$	$324.1 \pm 59.1^{g,16}$

Note: the same superscript letters within the same column are not significantly different ($p > 0.05$), and the same superscript numbers within the same row are not significantly different ($p > 0.05$).

4-META 기능성 단량체를 함유한 전부-부식형 레진 시멘트 Super-Bond C & B (SB)로 접착한 실험군의 평균 유지력은 티타늄 링크 높이에 따라 각각 270.4 ± 47.8 N, 301.3 ± 66.1 N 및 349.2 ± 63.9 N으로 MDP 기

능성 단량체 함유 레진 시멘트들과 유사한 값을 보였다. 4-META 기능성 단량체 함유 자가-접착형 레진 시멘트인 U-Cem (UC)으로 접착한 실험군의 평균 유지력은 티타늄 링크 높이에 따라 각각 277.3 ± 57.3 N, 310.7 ± 69.5 N 및 358.3 ± 72.9 N으로 실험군중에서 가장 높은 값을 보였으나, 다른 기능성 단량체 함유 레진 시멘트로 접착한 실험군의 유지력과는 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

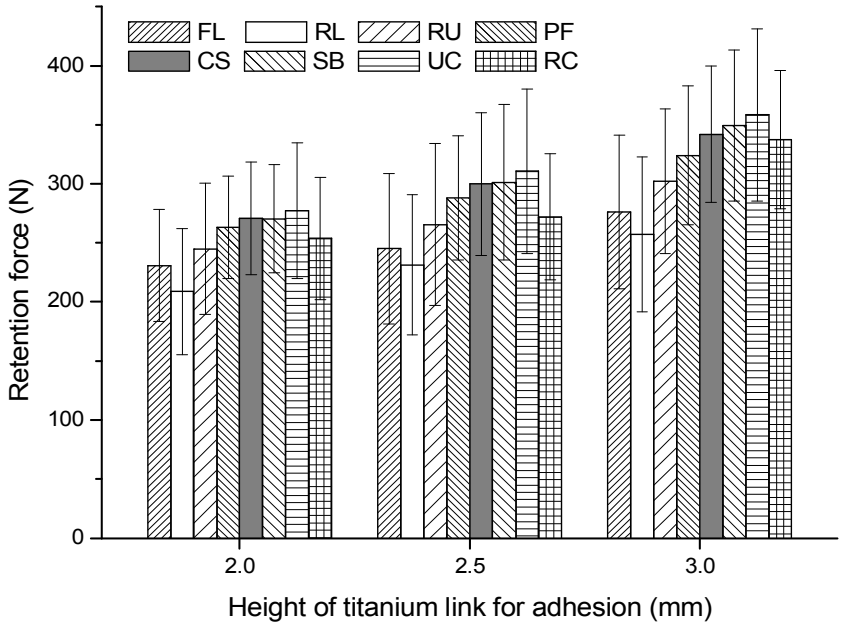
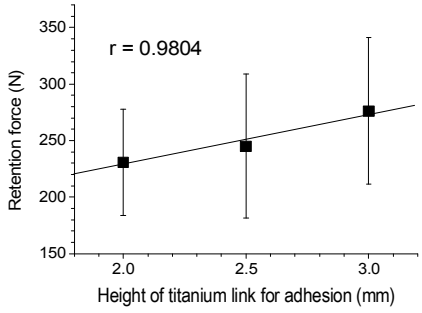


Fig. 4. Retention force (N) between titanium link and zirconia abutments after thermocycling (5,000).

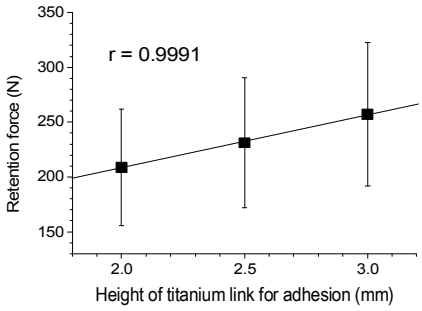
4-AET 기능성 단량체를 함유한 레진 시멘트 Resicem (RC)으로 접착한 실험군의 평균 유지력은 티타늄 링크 높이에 따라 각각 253.9 ± 51.8 N, 272.0 ± 53.3 N 및 324.1 ± 59.1 N을 보였으며, 다른 기능성 단량체 (MDP 또는 4-META) 함유 레진 시멘트들로 접착한 실험군의 유지력과 유의한 차이는 보이지 않았다 ($p > 0.05$).

접착에 사용한 모든 시멘트에서 합착부위인 티타늄 링크의 높이 (표

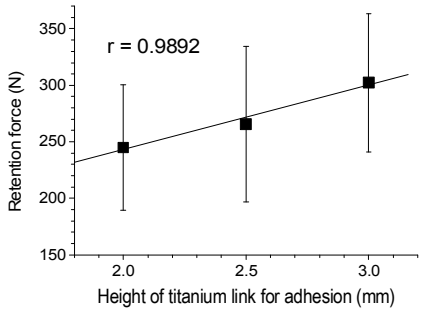
면적)와 지르코니아 지대주의 유지력은 높은 상관관계를 보였다 (Fig. 5). 인산아연 시멘트로 합착시킨 실험군의 경우는 상관계수가 0.9804 (Fig. 5a)였으며, 레진-강화형 글라스아이오노머로 접착한 실험군의 경우는 상관계수가 0.9991 (Fig. 5b)이었다. 레진 시멘트로 접착한 실험군의 경우 RC 실험군의 상관계수가 0.9596 (Fig. 5h)으로 지르코니아 지대주



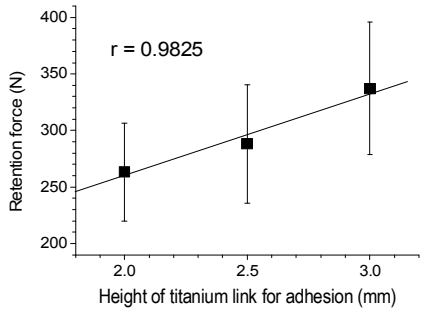
(a)



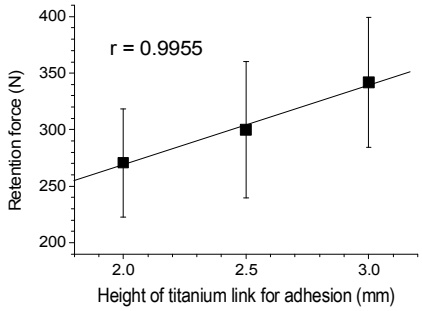
(b)



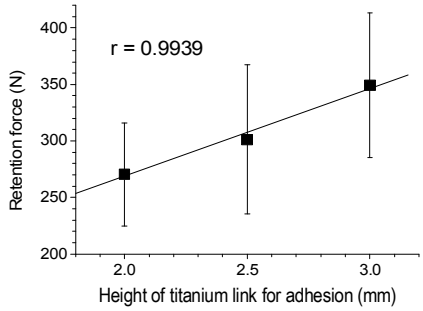
(c)



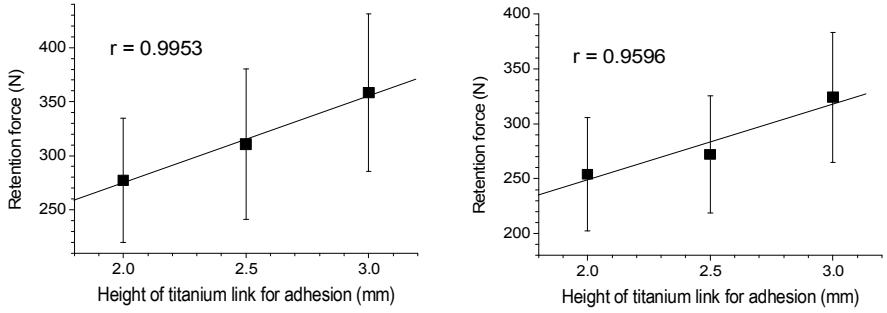
(d)



(e)



(f)

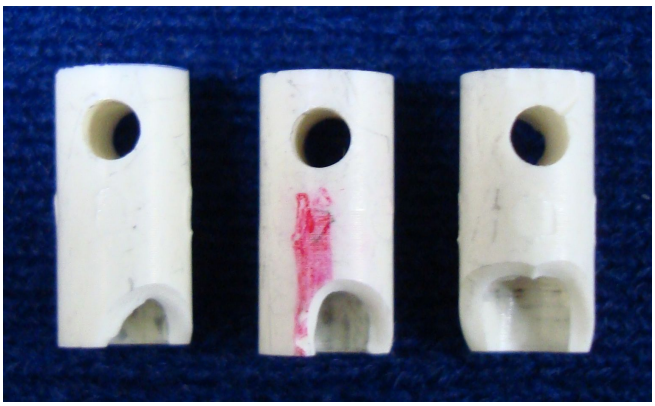


(g) (h)

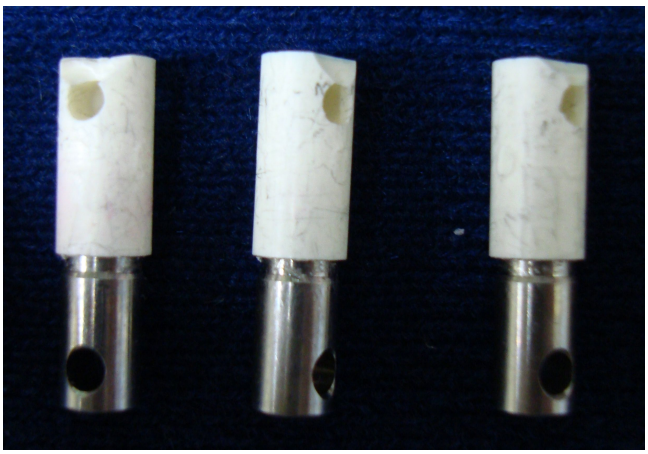
Fig. 5. Correlation between titanium link height for adhesion and retention force of zirconia abutment cemented with various dental cements: (a) Fleck's, (b) RelyX Luting 2, (c) RelyX Unicem, (d) Panavia F 2.0, (e) Clearfil SA Luting, (f) SuperBond C&B, (g) U-Cem, (h) Resicem.

접착에 사용한 시멘트 중에서 가장 낮은 상관성을 보였으나, 다른 레진 시멘트로 접착한 실험군들은 0.9825-0.9955 (Figs. 5c - 5g) 범위의 높은 상관계수를 보였다.

티타늄 링크와 지르코니아 지대주를 합착한 이중-지대주 시편에서 유지력이 400 N 이상으로 높게 측정된 시편의 경우에는 pull-off 시험법으로 티타늄 링크와 지르코니아 지대주의 유지력을 측정하는 과정 중 티타늄 링크와 접착된 지르코니아 지대주 하단 부위 (Fig. 6a) 또는 지르코니아 지대주 상단부에 형성한 만능시험기 연결용 구멍 주위에서 부분적인 취성 파괴가 관찰되었다 (Fig. 6b).



(a)



(b)

Fig. 6. Photographs of the fractured zirconia abutments during pull-off test: (a) fractured at lower part (adhesion region) of zirconia abutment, (b) fractured at upper part (near the hole for connection to the jig).

Ⅵ. 총괄 및 고안

임상에서 임플란트 적용를 적용하는 경우 자연치와 유사한 심미성을 재현하기 위하여 티타늄 대신 세라믹 지대주 사용이 필요하지만 지르코니아 지대주를 단독으로 사용하면 지대주의 파절 가능성 때문에 티타늄 지대주에 지르코니아 지대주를 연결하여 사용하는 다양한 티타늄-지르코니아 이중-지대주가 소개되었다 (Canullo 등, 2013; Gehrke 등, 2013). 본 연구에서는 내부-연결형 임플란트 시스템에서 티타늄 지대주에 형성한 링크를 지르코니아 지대주와 접착시켜 지르코니아 단독으로 제작한 지대주의 연결부 파절 가능성은 최소화시키고, 티타늄 단독으로 제작한 지대주의 부족한 심미성은 개선시킬 수 있는 이중-지대주의 임상 적용 시 필수 요소인 접착 내구성을 평가하고자 티타늄 링크에 합착한 지르코니아 지대주의 유지력을 측정하였다.

보철물의 유지력은 시멘트의 접착력 (bond strength)과 피착재의 미세-기계적 유지형태 (micro-mechanical retention form)에 의해 결정된다. 지르코니아와 레진 시멘트의 접착력을 평가한 연구는 대부분 전단 접착강도 (SBS, shear bond strength) 또는 미세인장 접착강도 (MTBS, micro-tensile bond strength)를 측정한 값으로 레진 시멘트와의 화학적 결합력만을 평가한 것으로 실제 임상에 적용된 크라운 등과 같은 전부 피개 수복물 (full coverage restoration)의 전반적인 유지력을 평가하는 방법으로는 적절하지 않을 수 있다. 실제 크라운과 같은 수복물의 경우에는 축벽 (axial wall)의 높이나 경사도 등의 기계적 유지형태가 수복물의 유지력에 중요한 역할을 한다 (Derand 등, 2008). 이러한 경우 화학 결합력은 필수 조건이 아니며 통상적인 합착 (luting)만으로도 수복물은 충분히 유지될 수도 있다고 한다 (Pospiech, 2002). 따라서 치과용 보철물의 유지력을 평가하기 위한 측정 방법으로는 SBS 시험법이나 MTBS 시험법 보다 임상 상황을 유사하게 재현할 수 있는 pull-off 시험법이 더 정확하고 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이라는 연구가 보고되고 있다 (el-Mowafy 등, 1996; Ernst 등, 1998; Johnson 등, 2004). 본 연구에서

도 티타늄 링크와 지르코니아 지대주의 유지력을 pull-off 시험법으로 비교하여 실제 임상에 적용하는 경우 예측할 수 있는 접착 내구성을 평가하고자 하였다.

현재 임상에서 사용 중인 치과용 시멘트들은 화학 성분, 경화 기전 (setting mechanism) 및 중합 개시 시스템 등이 상이하고, 치과용 세라믹 수복물에 대한 접착력은 적용한 시멘트의 유형에 따라 큰 차이가 있을 수 있으며, 특히 레진 시멘트의 경우에는 제조사에 따라 사용법도 상이하여 시멘트 선택에 유의하여야 한다. Kappert와 Krah (2001)는 레진 시멘트뿐 아니라 재래형 시멘트 (인산아연 시멘트 또는 글라스아이오노머 시멘트)도 고강도 세라믹인 알루미나와 지르코니아 수복물의 합착에 사용될 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 현재 사용되고 있는 인산아연 시멘트, 레진-강화형 글라스아이오노머 및 다양한 기능기를 함유한 레진 시멘트를 적용하여 티타늄 링크에 합착시킨 지르코니아 지대주의 접착력을 비교하고자 합착한 이중-지대주를 5,000회 열순환 처리한 후 pull-off 시험법으로 인장응력을 가하여 유지력을 평가하였다.

지르코니아 접착에 사용하고 있는 치과용 레진 시멘트들은 MDP (methacryloxydecyl phosphoric acid), 4-META (4-methacryloyloxyethyl trimellitate anhydride), 4-AETA (4-acryloyloxyethyl trimellitate anhydride), bis-MEP (acryamidomethylpropane sulphonic acid, phosphoric acid acrylate), MAC-10 (10-methacryloyloxydecamethylene malonic acid) 및 methacrylated phosphoric ester monomer 등의 기능성 단량체를 포함하고 있다. 기능성 단량체 성분을 전혀 함유하지 않는 재래형 Bis-GMA계 레진 시멘트는 화학적 결합 특성이 없어 지르코니아 수복물에 대한 접착력은 대부분 낮은 값을 보이며 대부분 조기 파절 양상을 보인다고 하였다 (Kern과 Wegner, 1998; Lüthy, 2006).

치과용 접착성 레진 시멘트의 주요 성분인 MDP의 phosphate ester 단량체는 금속 산화물 (세라믹)과 직접 결합하는 것으로 알려져 있으나 (Wada, 1986), Kern과 Wegner (1998)는 지르코니아 수복물 표면을 처리하지 않거나 실레인 프라이머로 전처리하지 않으면 MDP 함유 레진 시멘트라도 지르코니아 표면에서 화학 접착력을 얻기는 어렵다고 하였다.

실레인은 MDP 등과 같은 산성 단량체와 공존하는 경우 빠르게 가수분해되어 표면에 있는 실리카의 수산화기 (hydroxyl group)와 반응하여 siloxane 결합을 형성시켜 접착력 향상에 도움을 줄 수 있다고 한다. Yoshida 등 (2006)과 Wolfart 등 (2007)은 레진 시멘트에 함유된 MDP 단량체가 알루미나 또는 지르코니아 표면에 직접 접착할 수 있다고 하였는데, 지르코니아에 대한 화학 접착기전으로 지르코니아와 MDP 단량체 간 화학 결합기전 (Lüthy 등, 2006) 또는 siloxane 결합기전 등 2가지 접착기전이 제시되고 있다 (Valandro 등, 2006). Blatz 등 (2004)은 MDP 함유 프라이머로 전처리를 실시하면 레진 시멘트에 기능성 단량체 MDP를 함유되지 않아도 우수한 접착력을 얻을 수 있다고 하였으며, 반대로 MDP 함유 레진 시멘트를 사용하는 경우에는 전처리에 MDP가 함유되지 않은 프라이머를 사용해도 된다고 하였다. 그러나, Akgungor 등 (2008)은 레진 시멘트 또는 프라이머에 함유된 MDP 단량체가 지르코니아에 대한 접착력을 부가적으로 증가시키지 않으므로, 실리카 코팅된 지르코니아 표면에서의 화학 접착력은 MDP - ZrO_2 결합보다는 siloxane 결합에 의한 것이라고 추정하였다. 이와 같이 MDP 기능기가 지르코니아에 대한 접착력에 주는 영향에 대해서는 연구자들에 따라 상이한 결과들이 보고되고 있다.

접착성 기능기인 MDP와 함께 4-META도 접착성 레진 시멘트의 주요 성분으로 알려져 있는데, 4-META가 주성분인 SuperBond C&B 레진 시멘트는 MDP와 같은 산성 단량체를 함유하지 않지만 지르코니아 표면에 도포한 실레인의 산성에 의하여 강력한 분자구조인 polysiloxane 형성이 촉진될 수 있다고 한다. Derand와 Derand (2000)는 SuperBond C&B 레진 시멘트의 접착력이 MDP가 주성분인 Panavia 21 레진 시멘트로 접착한 경우 보다 유의하게 높았다고 하였다. Özcan 등 (2011)은 지르코니아 표면을 샌드블라스팅 처리하거나 CoJet으로 실리카 코팅 처리하고 MPS (3-trimethoxysilylpropylmethacrylate) 실레인 또는 MPS와 4-META 혼합한 프라이머로 전처리하고 레진 시멘트 (Panavia F2.0 또는 SuperBond C&B)로 접착한 후 37℃ 증류수에 넣고 암실에서 3개월간 보관한 다음 전단 접착강도를 측정하여 비교하였다. 지르코니아 표

면을 실리카 코팅 처리하고 MPS 함유 프라이머로 전처리한 경우에는 Panavia F 2.0과 SuperBond C & B 레진 시멘트로 접착한 실험군 모두 우수한 접착력을 보였다고 하였다. SuperBond C & B 레진 시멘트로 접착한 실험군에서는 전처리에 적용한 프라이머 성분 (MPS 또는 MPS와 4-META 혼합용액)에 따른 접착력의 유의한 차이는 없었으나, Panavia F 2.0으로 접착한 실험군에서는 MPS 함유 프라이머로 전처리한 실험군이 MPS와 4-META 혼합 프라이머로 전처리한 실험군 보다 유의하게 높은 접착력을 보였다고 하였다. Kato 등 (2001)은 장석 도재에서 4-META의 접착력 효과를 연구한 결과 접착력은 4-META 성분 보다 실레인 프라이머 (Porcelain Liner M)에 더 영향을 받는 것으로 보여 MDP 또는 4-META 등의 기능성 단량체 보다는 실레인 프라이머가 접착력에 더 중요한 역할을 한다고 하였다. 그러나 Oyagüe 등 (2009b)은 치과용 세라믹과 레진 계면에서의 접착 내구성은 세라믹의 표면처리 보다 선택한 시멘트에 더 큰 영향을 받는다고 하였고, Oyagüe 등 (2009a)은 지르코니아 수복물의 접착에 인산계 기능성 단량체가 함유된 레진 시멘트 사용을 추천하였으며 지르코니아의 표면처리는 필요하지 않다고 하였다.

임상에서 지대치에 크라운을 합착하는 경우 지대치의 기하학적 구조와 표면적, 표면 거칠기, 수복물의 내면 적합성 및 적용한 시멘트의 유형 등이 유지력에 영향을 줄 수 있다. Kaufman 등 (1961)은 지대치의 경사도가 작을수록 합착에 사용한 시멘트 유형에 관계없이 크라운의 유지력은 증가한다고 하였고, Carter와 Wilson (1996)은 크라운과 지대치의 적합도 (adaptation)가 우수하여 계면에 형성되는 미세한 틈 (micro gap)이 감소될수록 인산아연 시멘트로 합착한 수복물의 유지력이 증가한다고 하였다. Pameijer와 Jefferies (1996)는 발치한 자연치에 33° 경사도와 3 mm 높이로 지대치를 형성한 후 18종의 치과용 시멘트로 합착한 크라운의 유지력을 비교한 결과 인산아연 시멘트 (Fleck's)로 합착한 실험군보다 글라스아이오노머 시멘트 (Ketac-Cem), 레진-강화형 글라스아이오노머 (Fuji Duet, Vitremer) 또는 레진 시멘트 (Panavia 21, Cement it)로 접착한 실험군이 유의하게 높은 유지력을 보였다고 하였다. Ernest 등

(1998)은 자연치에 접착한 크라운의 유지력 평가에서 글라스아이오노머 시멘트 (Ketac-Cem)로 접착하거나 콤포머 (Dyract)로 접착한 실험군이 레진 시멘트 (F21)로 접착한 실험군보다 더 높은 유지력을 보였다고 하였는데, 글라스아이오노머 시멘트 또는 콤포머의 입자 크기가 레진 시멘트 입자 보다 커기 때문에 접착 계면에서 기계적 유지력을 더 발휘한 것으로 보인다고 하였다. Rosenstiel 등 (1998)은 Panavia 21 등과 같은 특수 기능기 함유 레진 시멘트가 인산아연 시멘트, 글라스아이오노머 시멘트 또는 일반 레진 시멘트 보다 높은 유지력을 보였다고 하였는데, 재래형 시멘트를 적용한 경우 유지력은 다소 낮을 수 있지만 방사선 불투과성이 우수하고 시멘트 제거가 용이한 인산아연 시멘트는 시멘트-유지형 상부 보철물의 합착에 유용하게 사용될 수 있다고 하였다.

Ernst 등 (2005)은 자연치에 형성한 지대치 (경사도 5°, 높이 3 mm)에 다양하게 표면처리한 지르코니아 코핑을 합착시킨 다음 pull-off 시험법으로 유지력을 측정하였는데, 지르코니아 표면을 Rocatec 처리한 경우에도 레진 시멘트 (SuperBond C&B, Panavia F 및 RelyX Unicem), 레진-강화형 글라스아이오노머 (RelyX Luting) 및 콤포머 (Dyract Cem Plus) 등 접착에 사용한 시멘트 유형에 따른 지르코니아의 유지력은 유의한 차이가 없었다고 하였다. Martins-Pinto 등 (2008)은 자연치를 4.0 mm와 5.0 mm 높이로 삭제한 지대치에 3 종의 치과용 시멘트로 니켈-크롬계 합금 크라운을 접착하여 유지력을 비교한 결과 지대치 높이가 5.0 mm인 실험군의 유지력이 4.0 mm인 실험군보다 높았으며, 레진 시멘트 (RelyX Unicem, Relyx ARC)로 접착한 실험군이 인산아연 시멘트 (Hy-Bond Zinc)로 합착한 실험군보다 유의하기 높은 유지력을 보였다고 하였다 ($p < 0.01$). Edelhoff와 Özcan (2007)은 치관부 높이가 3 mm 이상이고 수렴각이 4 - 10° 범위가 되도록 거친 다아아몬드 버로 지대치를 형성한 경우에는 인산아연 시멘트 또는 글라스아이오노머 시멘트 등을 접착에 사용할 수 있으나, 수렴각이 10° 이상으로 크거나 치관부 높이가 짧을 경우에는 레진 시멘트 적용을 추천한다고 하였다.

지대치가 아닌 지대주에 접착하는 경우에서도 이와 유사한 요소들이 유지력에 영향을 줄 수 있을 것으로 예상할 수 있다. Kent 등 (1997)은

티타늄 지대주를 이용한 연구에서 지대주의 높이 또는 높이/너비 비율이 증가할수록 유지력이 증가하였지만, 지대주의 전체 표면적과 유지력의 상관관계는 관찰되지 않았다고 하였다. Covey 등 (2000)도 티타늄 지대주의 지름이 증가하여 표면적이 증가된 경우에도 유지력은 증가되지 않은 것으로 관찰되었는데, 이 경우 지대주의 높이 또는 높이와 지름 관계가 전체 표면적보다 유지력 증가에 더 결정적인 역할을 하였기 때문이라고 설명하였다. Bresciano 등 (2005)은 경사도 (0°, 4° 및 8°)와 높이 (5 mm, 7 mm 및 9 mm)를 변화시킨 티타늄 지대주에 고금계 합금 크라운을 3종의 시멘트 (Temp-Bond, Zinc-phosphate 및 ImProv)로 합착하여 유지력을 비교한 결과 경사도가 증가할수록 유지력은 감소하였고, 높이가 증가할수록 유지력이 증가된 것을 관찰하였으며, 동일한 티타늄 지대주 조건에서는 인산아연 시멘트로 접착한 실험군의 유지력이 가장 높았다고 하였다. Ebert 등 (2007)은 티타늄 지대주와 지르코니아 코핑의 적합도 간격이 30 ㎛인 실험군과 60 ㎛인 실험군을 Panavia F로 접착시킨 후 유지력을 비교하였는데, 적합도 간격이 30 ㎛인 실험군의 유지력이 유의하게 높은 값을 보였다고 하였다.

Abbo 등 (2008)은 티타늄 지대주에 접착한 지르코니아 코핑의 유지력을 평가하였는데, 지대주 높이가 5.5 mm인 경우 유지력은 125 ± 36 N였고, 6.5 mm인 경우는 198 ± 29 N으로 관찰되어 지대주 높이를 1 mm 증가시킬 경우 유지력을 크게 증가시킬 수 있다고 하였다. 본 연구에서도 높이가 2.0 mm, 2.5 mm 및 3.0 mm인 티타늄 링크에 합착한 지르코니아 지대주의 유지력을 평가한 결과 링크 높이가 2.0 mm에서 2.5 mm로 증가된 경우에는 유지력이 유의하게 증가되지 않은 실험군도 있었으나, 높이가 3.0 mm로 증가된 경우에는 적용한 시멘트 유형에 관계없이 유지력은 모두 유의하게 증가되었다 ($p < 0.05$). Heintze (2010)는 pull-off 시험법으로 유지력을 측정하는 경우 시편의 형태, 높이, 경사도, 표면적 및 표면 거칠기 등이 유지력에 영향을 줄 수 있다고 하였다. Cano-Batalla 등 (2012)은 4 mm, 5 mm 및 6 mm 높이로 제작한 티타늄 지대주에 코발트-크롬계 합금 코핑을 접착시켜 지대주의 높이와 샌드블라스팅 처리 및 적용한 시멘트의 유형이 유지력에 주는 영향을 평가하였는데, 적용한

시멘트의 유형에 관계없이 지대주 높이가 4.0 mm인 실험군과 6.0 mm인 실험군에서만 유지력이 유의한 차이를 보였고, 4.0 mm와 5.0 mm 또는 5.0 mm와 6.0 mm 실험군간에는 유의한 차이를 보이지 않았다고 하였으며, 샌드블라스팅 처리는 유지력에 유의한 영향을 주는 것으로 관찰되었다고 하였다. Saber 등 (2012)은 경사도 0°와 높이가 2.0 mm, 3.0 mm, 4.0 mm 및 5.0 mm로 티타늄 지대주 (NP = 지름 3.5 mm와 WP = 5 mm)를 제작하고, 니켈-크롬계 합금 코핑을 임시 시멘트 (TempBond)로 합착한 다음 100 % 상대습도 (37 ℃)에서 24 시간 보관한 후 인장 응력을 가하여 유지력을 측정한 결과 지름이 작은 NP 지대주에서는 높이에 따라 유지력이 유의한 차이를 보였으나 (2.0 mm와 3.0 mm간에는 유의한 차이 없음), 지름이 큰 WP 지대주에서는 높이가 4.0 mm와 5.0 mm인 실험군에서만 유지력이 유의한 차이를 보인 것으로 관찰되어 임상 적용에 적절한 지대주의 최소 높이로 NP의 경우 3 mm, WP의 경우는 4.0 mm를 제시하였다. 본 연구에서 이중-지대주의 유지력을 평가한 결과 티타늄 링크와 지르코니아 지대주가 안정적인 접착 내구성을 유지하기 위해서는 연결부인 티타늄 링크의 높이가 최소 3 mm는 되어야 할 것으로 보였다. Truninger 등 (2012)은 내부-연결형 및 외부-연결형 지르코니아 지대주, 티타늄 지대주 및 이중 지대주를 구강내 환경과 유사한 조건에서 시효처리한 다음 굽힘 모멘트를 측정하였는데, 내부-연결형 이중 지대주의 굽힘 모멘트는 380 - 430 N으로 286 - 332 N의 지르코니아 지대주 보다 높게 관찰되어 티타늄 insert 등을 적용한 이중 지대주가 지르코니아 지대주의 안정성 유지에 도움이 될 수 있다고 하였다. 본 연구에서 티타늄 링크의 높이가 3.0 mm인 경우 인산아연 시멘트와 레진 시멘트로 지르코니아 지대주를 접착한 실험군은 280 N 이상을 보여 임상 적용시 연결부가 탈락되는 문제는 없을 것으로 예상할 수 있다.

Clayton 등 (1997)은 경사도가 0°인 티타늄 지대주의 유지력을 측정한 실험에서 인산아연 시멘트로 합착한 실험군이 레진 시멘트나 레진-강화형 글라스아이오노머로 합착한 실험군보다 높은 유지력을 보였다고 하였으나, Squier 등 (2001)은 경사도가 8°인 티타늄 지대주와 고금계 합금으로 주조한 수복물을 다양한 시멘트로 접착시켜 유지력을 평가한 실

험에서 레진 시멘트로 접착한 실험군이 가장 높은 유지력을 보였고, 인산아연 시멘트와 레진-강화형 글라스아이오노머, 글라스아이오노머 시멘트, 산화아연 유지놀 시멘트로 접착한 실험군 순서로 유지력이 낮게 관찰되었다고 하였다. 경사도가 0°인 지대주의 경우에서는 합착에 사용한 시멘트의 인장강도보다 압축강도가 유지력에 더 중요하게 작용하기 때문에 압축강도가 우수한 인산아연 시멘트로 합착한 실험군에서 높은 유지력이 관찰된 것이라고 설명하였다. 경사도가 0°인 티타늄 링크에 지르코니아 지대주를 다양한 시멘트로 합착하여 유지력을 평가한 본 연구에서도 인산아연 시멘트는 레진 시멘트들과 유사한 유지력을 보였는데, 경사도가 0°인 경우 상대적으로 큰 입자들로 구성된 인산아연 시멘트가 합착 계면에서 높은 마찰력을 형성하여 기계적 유지력이 작용된 결과로 보였다.

Bis-GMA계 레진 시멘트 또는 MDP 함유 레진 시멘트들은 건조 상태 조건에서 지르코니아에 우수한 접착력을 보이지만, 열순환 처리후에는 접착력이 유의하게 감소되었다고 하였는데 (Özcan 등, 2008a; 2008b), Özcan과 Vallittu (2003)는 지르코니아에 대한 레진 시멘트의 접착 내구성이 불안정한 이유로 지르코니아와 실레인의 화학 결합력이 부족하기 때문일 수도 있다고 하였다. Wegner 등 (2002)은 MDP 함유 레진 시멘트가 tribochemical 실리카 코팅 처리보다 장기간 우수한 접착력을 유지할 수 있다고 하였으나, Özcan 등 (2001)은 5,000 회 열순환 처리한 후 접착력을 측정한 연구에서 tribochemical 실리카 코팅 처리한 지르코니아에 대한 접착력은 MDP 함유 레진 시멘트 (Panavia 21)를 사용한 실험군과 Bis-GMA계 레진 시멘트 (Variolink, Sonocem)를 사용한 실험군 간 유의한 차이가 없었다고 하였다 ($p > 0.01$). 따라서 레진 시멘트 자체 또는 적절한 표면처리법을 함께 사용하는 것이 지르코니아 수복물의 장기간 접착력 유지에 중요한 역할을 하는지에 관해서는 아직 명확한 결론이 없는 상황이다 (Thompson 등, 2011). 치과용 수복물의 접착 내구성을 평가에서 실제 구강 조건과 유사한 환경을 재현하기 위하여 열순환 처리법 또는 물 (37 ℃)에 장기간 보관하는 방법을 사용하고 있다. 이중에서 열순환 처리법은 열응력 (thermal stress) 변화와 장기간 수분 노출

효과가 있어서 접착계면에서 자발적인 시효과정 재현에 주로 사용되고 있는데, Gale과 Darvell (1999)은 10,000 회의 열순환 처리로 임상에서 1년 정도의 시효 효과를 기대할 수 있다고 하였다.

Palacios 등 (2006)은 5,000 회 열순환 처리한 다음 pull-off 시험법으로 지대치에 접착한 지르코니아 코핑 (경사도 20°)의 유지력을 측정한 연구에서 레진 시멘트 (Panavia F, RelyX Unicem)와 레진-강화형 글라스아이오노머 (RelyX Luting)로 접착한 실험군간의 유지력은 유의한 차이가 없었다고 하였다 ($p > 0.05$). Lüthy 등 (2006)은 Rocatec 처리한 지르코니아 표면에 스테인레스 강 막대를 다양한 시멘트로 접착시키고 10,000 회 열순환 처리한 다음 전단 접착강도를 측정한 연구에서 글라스아이오노머 시멘트 (Ketac-Cem), 일반 Bis-GMA계 레진 시멘트 (Nexus) 또는 4-META 함유 레진 시멘트 (SeperBond C&B)로 접착한 실험군에서는 열순환 처리에 따라 접착력이 유의하게 감소되었지만, methacrylated phosphoric ester 함유 레진 시멘트 (RelyX Unicem)로 접착한 실험군에서는 열순환 처리 후에도 접착력은 유의한 감소가 없었고, MDP 함유 레진 시멘트 (Panavia 21, Panavia F)로 접착한 실험군에서는 오히려 접착력이 유의하게 증가되었다고 하였다 ($p < 0.05$)). SuperBond C & B로 접착한 실험군의 경우에는 금속 산화물에 대한 4-META의 우수한 화학적 친화도 (chemical affinity)에 의하여 초기에는 44.5 MPa의 매우 높은 접착력을 보였지만, 열순환 처리 후에는 접착력이 29.4 MPa로 유의하게 감소되었다고 하였다. 이러한 접착력의 감소는 열순환 처리과정에서 레진 시멘트의 주성분인 PMMA가 수분을 흡수함에 따라 화학 접착력이 감소되어 발생된 것이라고 하였다. 반면, MDP 함유 레진 시멘트인 자가-중합형 Panavia 21로 접착한 실험군의 경우 접착력은 열순환 처리 후에 16% 이상 유의하게 증가되었다고 하였고, 유사한 MDP 함유 이중-중합형 레진 시멘트인 Panavia F로 접착한 경우에는 Panavia 21보다 다소 낮은 접착력을 보였으나 열순환 처리 후에도 접착력은 다소 증가하는 양상을 보였다고 하였다.

D'Amario 등 (2010)은 CoJet으로 표면 처리한 지르코니아에 콤포짓트 레진을 3 종의 이중-중합형 레진 시멘트 (Clearfil Esthetic Cement,

RelyX Unicem Aplicap, Multilink Automix)로 접착시킨 후 6,000 회 열순환 처리하고 인장 접착강도를 측정한 결과 Clearfil Esthetic Cement 또는 RelyX Unicem으로 접착한 실험군에서는 열순환 처리에 따라 접착력은 유의하게 감소된 반면, Multilink (Ivoclar-Vivadent)로 접착한 실험군은 열순환 처리 후에도 접착력이 유의하게 감소하지 않는 것으로 관찰되어 지르코니아에 대한 레진 시멘트의 접착 내구성은 적용한 시멘트에 따라 상이하게 영향 받을 수 있다고 하였다. 이중-중합형 레진 시멘트로 접착한 경우에는 사용한 제품에 따라 열순환 처리 과정에서 중합율 (conversion rate)이 증가되어 접착력이 오히려 증가하거나 또는 감소된 정도가 매우 적었다는 연구가 발표되었는데 (Öczan과 Vallittu, 2003; Piwowarczyk 등, 2004), 대부분 Variolink II 레진 시멘트로 적용한 연구들에서 관찰되었다고 하였다.

Mehl 등 (2012)은 경사도를 6°로 하고 높이를 2 mm, 3 mm 및 4 mm로 변화시킨 티타늄 지대주에 코발트-크롬계 합금 크라운을 치과용 시멘트 (글라스아이오노머 시멘트, Ketac-Cem; 폴리카복실레이트 시멘트, Durelon; 레진 시멘트, Multilink Implant)로 접착한 다음 다양한 시효처리와 열순환 처리 (37,500 회)를 실시한 후 유지력을 비교하였는데, 높이가 가장 작은 2 mm 지대주의 경우는 적절한 유지력을 확보하기 위하여 레진 시멘트로 접착하여야 한다고 하였다. Nejatidanesh 등 (2013)은 경사도 8°와 높이 5.5 mm인 티타늄 지대주에 샌드블라스팅 처리한 지르코니아 코핑을 9 종의 다양한 시멘트 (Clearfil SA, Panavia F2.0, Fuji Plus, Fleck's, Poly F, Fuji I, TempBond, GC free eugenol 및 TempSpan CMT)로 합착한 다음 5,000 회 열순환 처리하고 유지력을 측정한 연구에서 레진 시멘트 (Clearfil SA, Panavia F2.0) 또는 레진-강화형 글라스아이오노머 (Fuji Plus)로 접착한 실험군이 172 - 203 N 범위의 가장 높은 유지력을 보였고, 그 다음으로 인산아연 시멘트 (Fleck's)로 합착한 실험군이 72 N의 유지력을 보였다고 하였다. 그러나 본 연구에서는 경사도 0°와 링크 높이가 2.0 mm, 2.5 mm 및 3.0 mm인 티타늄 링크와 지르코니아 지대주를 접착하여 5,000 회 열순환 처리한 후 유지력을 측정한 연구에서 인산아연 시멘트 (Fleck's), 레진-강화형 글라스아이오노머 (RelyX

Luting2), MDP 또는 4-META를 함유하지 않는 레진 시멘트 (RelyX Unicem)로 접착한 실험군간에는 유지력의 유의한 차이는 없었고 ($p > 0.05$), 특수 기능기를 함유한 레진 시멘트로 접착한 실험군에서 유의하게 높은 유지력이 관찰되었다 ($p < 0.05$).

Gehrke 등 (2013)은 본 연구에서 사용한 티타늄 링크와 유사한 티타늄 insert와 지르코니아 코핑 연결 부위를 샌드블라스팅 처리하고 3종의 레진 시멘트로 접착한 다음 15,000회 열순환 처리한 후 유지력을 측정하였는데, Panavia 21로 접착한 실험군의 유지력은 925 ± 363 N, Multilink Implant로 접착한 실험군은 878 ± 208 N, SmartCem2로 접착한 실험군은 651 ± 175 N으로 적용한 레진 시멘트간 유의한 차이는 없이 ($p = 0.1314$) 모두 만족할만한 유지력을 보여 이중-지대주의 임상 적용에는 문제가 없을 것이라고 하였다. 하지만, 그들이 유지력 측정에 사용한 지르코니아 연결부의 기하학적 특징 (높이, 경사도 등)에 관한 자세한 정보가 없어서 본 연구에서 다양한 시멘트로 합착한 이중-지대주의 유지력과는 직접 비교할 수 없었다.

본 연구에서 얻은 결과와는 상이하게 pull-off 시험법으로 유지력을 측정한 경우에 레진-강화형 글라스아이오노머가 레진 시멘트와 유사하거나 더 높은 접착력을 보였다는 연구도 발표된 바 있다 (Ernst 등, 2005; Palacios 등, 2006; Derand 등, 2008). Mizrahi (2008)는 레진-강화형 글라스아이오노머의 유지력 내구성은 입증되었으며, cemento-enamel junction 하방에 변연이 형성되었고 기계적 유지형태가 적절한 경우라면 레진 시멘트 보다는 레진-강화형 글라스아이오노머가 추천될 수 있다고 하였다. 또한 Al-Amleh 등 (2010)은 레진 시멘트로 접착할 경우 중합수축에 의한 미세한 틈이 접착 계면에 형성될 수 있지만, 레진-강화형 글라스아이오노머를 적용한 경우에는 경화한 후 흡수팽창으로 틈 형성이 억제될 뿐 아니라 이차우식 방지 효과도 기대할 수도 있다고 하였다. 따라서 임상 편의성이나 이차우식 예방 등의 관점에서는 술자의 숙련도에 민감한 레진 시멘트를 적용하기보다 레진-강화형 글라스아이오노머로 접착하는 것이 유용할 수 있다. 지르코니아-타타늄으로 구성된 이중-지대주의 경우 접착이 되는 링크의 높이가 충분하고 경사도가 적어 적

절한 기계적 유지형태를 확보할 수 있다면 인산아연 시멘트나 레진-강화형 글라스아이오노머로 합착시켜도 충분한 유지력을 얻을 수 있으나, 링크의 높이가 짧거나 경사도가 커서 기계적 유지형태를 얻기 어려운 경우에는 화학 결합이 가능한 레진 시멘트 적용이 필요한 것으로 보였다.

Ⅴ. 결 론

본 연구에서는 티타늄-지르코니아 이중-지대주에서 합착에 사용한 치과용 시멘트 유형과 티타늄 링크 높이가 지르코니아 지대주와의 유지력에 주는 영향을 비교하기 위하여 합착한 이중-지대주를 5,000회 열순환 처리 후 pull-off 시험법으로 유지력을 평가한 결과는 다음과 같다.

1. 티타늄 링크 높이가 2.0 mm에서 2.5 mm로 증가함에 따라 지르코니아 지대주와의 유지력이 증가하는 양상을 보였으나 유의한 차이는 없었고 ($p > 0.05$), 높이가 3.0 mm로 증가하면 유지력은 유의하게 증가하였다 ($p < 0.05$).
2. 레진-강화형 글라스아이오노머로 접착한 실험군의 평균 유지력이 가장 낮은 값을 보였다. 인산아연 시멘트로 합착한 실험군의 평균 유지력은 레진-강화형 글라스아이오노머로 접착한 실험군 보다 높은 값을 보였으나, 유의한 차이는 없었다 ($p > 0.05$).
3. 접착성 기능기를 함유하지 않은 레진 시멘트로 접착한 실험군의 유지력은 인산아연 시멘트 또는 레진-강화형 글라스아이오노머로 접착한 실험군의 유지력과 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$).
4. MDP 또는 4-META 접착성 기능기 함유 레진 시멘트의 유지력은 다른 레진 시멘트 보다 유의하게 높은 유지력을 보였다 ($p < 0.05$).
5. 전부-부식형, 자가-부식형 및 자가-접착형 등 레진 시멘트의 유형에 따른 유지력의 일관성 있는 유의한 차이는 관찰되지 않았다.

참고문헌

Abbo B, Razzoog ME, Vivas J, Sierraalta M (2008). Resistance to dislodgement of zirconia copings cemented onto titanium abutments of different heights. *J Prosthet Dent* 99:25-29.

Al-Amleh B, Lyons K, Swain M (2010). Clinical trials in zirconia: a systematic review. *J Oral Rehabil* 37:641-652.

Amaral FLB, Colucci V, Palma-Dibb RG, Corona SAM (2007). Assessment of *in vitro* methods used to promote adhesive interface degradation: A critical review. *J Esthest Resto Dent* 19:340-354.

Amaral R, Özcan M, Bottino MA, Valandro LF (2006). Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: the effect of surface conditioning. *Dent Mater* 22:283-290.

Amaral R, Özcan M, Valandro LF, Balducci I, Bottino MA (2008). Effect of conditioning methods on the microtensile bond strength of phosphate monomer-based cement on zirconia ceramic in dry and aged conditions. *J Biomed Mater Res B:Appl Biomater* 85B: 1-9.

Andersson B, Glauser R, Maglione M, Taylor A (2003). Ceramic implant abutments for short-span FPDs: a prospective 5-year multicenter study. *Int J Prosthodont* 16:640-646.

Andersson B, Taylor A, Lang BR, Scheller H, Schärer P, Sorensen JA, Tarnow D (2001). Alumina ceramic implant abutments used for single-tooth replacement: a prospective 1- to 3-year multicenter study. *Int J Prosthodont* 14:432-438.

Andreiotelli M, Wenz HJ, Kohal RJ (2009). Are ceramic implants a viable alternative to titanium implants? A systematic literature review. *Clin Oral Impl Res* 20(suppl 4):32-47.

Akgungor G, Sen D, Aydin M (2008). Influence of different surface treatments on the short-term bond strength and durability between

a zirconia post and a composite resin core material. *J Prosthet Dent* 99:388-399.

Asmussen E, Peutzfeldt A, Sahafi A (2005). Bonding of resin cements to post materials: influence of surface energy characteristics. *J Adhes Dent* 7:231-234.

Atsu SS, Kilicarslan MA, Kucukesmen HC, Aka PS (2006). Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J Prosthet Dent* 95:430-436.

Blatz MB, Sadan A, Martin J, Lang B (2004). In vitro evaluation of shear bond strengths of resin to densely-sintered high purity zirconium-oxide ceramic after long-term storage and thermal cycling. *J Prosthet Dent* 91:356-362.

Behr M, Proff P, Kolbeck C, Langrieger S, Kunze J, Handel G, Rosentgritt M (2011). The bond strength of the resin-to-zirconia interface using different bonding concepts. *J Mech Behav Biomed Mater* 4:2-8.

Bernal G, Okamura M, Munoz CA (2003). The effects of abutment taper, length and cement type on resistance to dislodgement of cement-retained, implant supported restorations. *J Prosthodont* 12: 111-115.

Beuer F, Edelhoff D, Gernet W, Naumann M. Effect of preparation angles on the precision of zirconia crown copings fabricated by CAD/CAM system. *Dent Mater J*. 2008;27:814-820.

Bottino MA, Valandro LF, Scotti R, Buso L (2005). Effect of surface treatments on the resin bond to zirconium-based ceramic. *Int J Prosthodont* 18:60-65.

Bresciano M, Schierano G, Manzella C, Screti A, Bignardi C, Preti G (2005). Retention of luting agents on implant abutments of different height and taper. *Clin Oral Implants Res*. 16:594-598.

Bressan E, Paniz G, Lops D, Corazza B, Romeo E, Favero G (2011). Influence of abutment material on the gingival color of implant-supported all-ceramic restorations: a prospective multicenter study.

Clin Oral Implants Res. 22:631-637.

Burgess JO, Ghuman T, Cakir D (2010). Self-adhesive resin cements. *J Esthet Restor Dent* 22:412-419.

Cano-Batalla J, Soliva-Garriga J, Campillo-Funollet M, Munoz-Viveros CA, Giner-Tarrida L (2012). Influence of abutment height and surface roughness on in vitro retention of three luting agents. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012;27:36-41.

Canullo L (2007). Clinical outcome study of customized zirconia abutments for single-implant restorations. *Int J Prosthodont* 20:489-493.

Canullo L, Coelho PG, Bonfante EA (2013). Mechanical testing of thin-walled zirconia abutments. *J Appl Oral Sci* 21:20-24.

Canullo L, Morgia P, Marinotti F (2007). Preliminary laboratory evaluation of bicomponent customized zirconia abutments. *Int J Prosthodont* 20:486-488.

Carnaggio TV, Conrad R, Engelmeier RL, Gerngross P, Paravina R, Perezous L, Powers JM (2012). Retention of CAD/CAM all-ceramic crowns on prefabricated implant abutments: An in vitro comparative study of luting agents and abutment surface area. *J Prosthodont* 21:523-528.

Carter SM, Wilson PR (1996). The effect of die-spacing on crown retention. *Int J Prosthodont* 9:21-29.

Chevalier J (2006). What future for zirconia as a biomaterial? *Biomaterials* 27:535-543.

Clayton GH, Driscoll CF, Hondrum SO (1997). The effect of luting agents on the retention and marginal adaptation of the CeraOne implant system. *Int J Oral Maxillofac Implants* 12:660-665.

Covey DA, Kent DK, St Germain HA Jr, Koka S (2000). Effects of abutment size and luting cement type on the uniaxial retention force of implant-supported crowns. *J Prosthet Dent*. 83:344-348.

D'Amario M, Campidoglio M, Morresi AL, Luciani L, Marchetti E, Baldi M (2010). Effect of thermocycling on the bond strength

between dual-cured resin cements and zirconium-oxide ceramics. *J Oral Sci* 52:425-430.

Denry IL, Kelly JR (2008). State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater* 24:299-307.

Derand P, Derand T (2000). Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont* 13:131-135.

Derand T, Molin M, Kvam K (2005). Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. *Dent Mater* 21:1158-1162.

Derand T, Molin M, Kleven E, Haag P, Karlsson S (2008). Bond strength of luting materials to ceramic crowns after different surface treatments *Eur J Prosthodont Restor Dent* 16:35-38.

Ebert A, Hedderich J, Kern M (2007). Retention of zirconia ceramic copings bonded to titanium abutments. *Int J Oral Maxillofac Implants* 22:921-927.

Edelhoff D, Özcan M (2007). To what extent does the longevity of fixed dental prostheses depend on the function of the cement? Working group 4 materials: cementation. *Clin Oral Impl Res* 18 (suppl 3):193-204.

el-Mowafy OM, Fenton AH, Forrester N, Milenkovic M (1996). Retention of metal ceramic crowns cemented with resin cements: effects of preparation taper and height. *J Prosthet Dent.* 76:524-529.

Ernst CP, Cohnen U, Stender E, Willershausen B (2005). In vitro retentive strength of zirconium oxide ceramic crowns using different luting agents. *J Prosthet Dent* 93:551-558.

Ernst CP, Wenzl N, Stender E, Willershausen B (1998). Retentive strengths of cast gold crowns using glass ionomer, compomer, or resin cement. *J Prosthet Dent* 9:472-476.

Gale MS, Darvell BW (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 27:89-99.

Gehrke P, Alius J, Fischer C, Erdelt KJ, Beuer F (2013). Retentive

strength of two-piece CAD/CAM zirconia implant abutments. *Clin Implant Dent Relat Res* (E-pub ahead of print).

Gomes AL, Montero J (2011). Zirconia implant abutments: a review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 16:e50-55

Goodacre CJ, Campagni WV, Aquilino SA (2001). Tooth preparations for complete crowns: An art form based on scientific principles. *J Prosthet Dent* 85:363-376.

Güncü MB, Ćakan U, Canay Ş (2011). Comparison of 3 luting agents on retention of implant-supported crowns on 2 different abutments. *Implant Dent* 20:349-353.

Hebel KS, Gajjar RC (1997). Cement-retained versus screw-retained implant restorations: achieving optimal occlusion and esthetics in implant dentistry. *J Prosthet Dent* 77:28-35.

Heintze SD (2010). Crown pull-off test (crown retention test) to evaluate the bonding effectiveness of luting agents. *Dent Mater* 26:193-206.

Helvatjoglu-Antoniades M, Koliniotou-Kubia E, Dionyssopoulos P (2004). The effect of thermal cycling on the bovine dentine shear bond strength of current adhesive systems *J Oral Rehabil* 31:911-917.

Heydecke G, Sierraalta M, Razzoog ME (2002). Evolution and use of aluminum oxide single-tooth implant abutments: a short review and presentation of two cases. *Int J Prosthodont* 15:488-493.

ISO/TS 11405:2003. Dental Materials - Testing of adhesion to tooth structure.

Johnson GH, Hazelton LR, Bales DJ, Lepe X (2004). The effect of a resin-based sealer on crown retention for three types of cement. *J Prosthet Dent* 91:428-435.

Jørgensen KD (1955). The relationship between retention and convergence angle in cemented veneer crowns. *Acta Odonto Scand* 13:35-40.

Kappert HF, Krah M (2001). Keramiken-eine Übersicht. *Quintessenz Zahntech* 2:668-704.

Kato H, Matsumura H, Ide T, Atsuta M (2001). Improved bonding of adhesive resin to sintered porcelain with the combination of acid etching and a two-liquid silane conditioner. *J Oral Rehabil* 28:102-108.

Kaufman EG, Coelho DH, Colin L (1961). Factors influencing the retention of cemented gold castings. *J Prosthet Dent* 11:487-502.

Kent DK, Koka S, Froeschle ML (1997). Retention of cemented implant-supported restorations. *J Prosthodont*. 1997;6:193-196.

Kern M, Wegner SM (1998). Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dent Mater* 14:64-71.

Kim SS, Yeo IS, Lee SJ, Kim DJ, Jang BM, Kim SH, Han JS (2013) Clinical use of alumina-toughened zirconia abutments for implant-supported restorations: prospective cohort study of survival analysis. *Clin Oral Impl Res* 24:517-522.

Kim Y, Yamashita J, Shotwell JL, Chong KH, Wang HL (2006). The comparison of provisional luting agents and abutment surface roughness on the retention of provisional implant-supported crowns. *J Prosthet Dent*. 95:450-455.

Lüthy H, Loeffel O, Hammerle CHF (2006). Effect of thermocycling on bond strength of luting cements to zirconia ceramic. *Dent Mater* 22:195-200.

Martins-Pinto MG, Pisani-Proenca J, Erhardt MC, Spielmann C, Del Castillo-Salmeron R, Lopes LA (2008). Effect of two axial wall height preparations on the retentive properties of full crowns using three different cements. *Gen Dent*. 56:569-573.

Matinlinna JP, Heikkinen T, Özcan M, Lassila LVJ, Vallittu PK (2006). Evaluation of resin adhesion to zirconia ceramic using some organo-silanes. *Dent Mater* 22:824-831.

Mehl C, Harder S, Shahriari A, Steiner M, Kern M (2012). Influence

of abutment height and thermocycling on retrievability of cemented implant-supported crowns. *Int J Oral Maxillofac Implants* 27:1106-1115.

Mizrahi B (2008). The anterior all-ceramic crown: a rationale for the choice of ceramic and cement. *Br Dent J* 205:251-255.

Nakamura K, Kanno T, Milleding P, Ortengren U (2010). Zirconia as a dental implant abutment material: a systematic review. *Int J Prosthodont* 23:299-309.

Nejatidanesh F, Savabi O, Shahtoosi M (2013). Retention of implant-supported zirconium oxide ceramic restorations using different luting agents. *Clin Oral Impl Res* 24:20-24.

Nikaido T, Kunzelmann KH, Chen H, Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, Cox CF, Hickel R, Tagami J (2002). Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. *Dent Mater* 18:269-275.

Nordlander J, Weir D, Stoffer W, Ochi S (1988). The taper of clinical preparations for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 60:148-151.

Omar H, El-Badrawy W, El-Mowafy O, Atta O, Saleem B (2007). Microtensile bond strength of resin composite bonded to caries-affected dentin with three adhesives. *Oper Dent* 32:24-30.

Oyagüe RC, Monticelli F, Toledano M, Osorio E, Ferrari M, Osorio R (2009a). Influence of surface treatments and resin cements selection on bonding to densely-sintered zirconium-oxide ceramic. *Dent Mater* 25:172-179.

Oyagüe RC, Monticelli F, Toledano M, Osorio E, Ferrari M, Osorio R (2009b). Effect of water aging on microtensile bond strength of dual-cured resin cements to pre-treated sintered zirconium-oxide ceramics. *Dent Mater* 25:392-399.

Özcan M (2003). Evaluation of alternative intraoral repair techniques for fractured ceramic-fused-to-metal restorations. *J Oral Rehabil* 30:194-203.

Özcan M, Alkumru H, Gemalmaz D (2001). The effect of surface treatment on the shear bond strength of luting cement to a glass-infiltrated alumina ceramic. *Int J Prosthodont* 14:335-339.

Özcan M, Cura C, Valandro LF (2011). Early bond strength of two resin cements to Y-TZP ceramic using MPS or MPS/4-META silanes. *Odontology* 19:62-67.

Özcan M, Kerkdijk S, Valandro LF (2008a). Comparison of resin cement adhesion to Y-TZP ceramic following manufacturers' instructions of the cements only. *Clin Oral Invest* 12:279-282.

Özcan M, Nijhuis H, Valandro LF (2008b). Effect of various surface conditioning methods on the adhesion of dual-cure resin cement with MDP functional monomer to zirconia after thermal aging. *Dent Mater J* 27:99-104.

Özcan M, Vallittu PK (2003). Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater* 19:725-731.

Özcelik TB, Yilmaz B (2009). A laboratory procedure for optimal implant abutment preparation. *J Prosthodont* 18:537-540.

Palacios RP, Johnson GH, Phillips KM, Raigrodski AJ (2006). Retention of zirconium oxide ceramic crowns with three types of cement. *J Prosthet Dent* 96:104-114.

Pameijer CH, Jefferies SR (1996). Retentive properties and film thickness of 18 luting agents and systems. *Gen Dent* 44:524-530.

Piconi C, Maccauro G (1999). Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 20:1-25.

Piwowarczyk A, Lauer HC, Sorensen JA (2004). *In vitro* shear bond strength of cementing agents to fixed prosthodontic restorative materials. *J Prosthet Dent* 92:265-273.

Pospiech P (2002). All-ceramic crowns: bonding or cementing? *Clin Oral Investig* 6:189-197.

Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Vulicevic ZR, Ferrari M (2008).

Self-adhesive resin cements: A literature review. *J Adhes Dent* 10: 251-258.

Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ (1998). Dental luting agents: a review of the current literature. *J Prosthet Dent* 80:280-301.

Saber FS, Abolfazli N, Nuroloyuni S, Khodabakhsh S, Bahrami M, Nahidi R, Zeighami S (2012). Effect of abutment height on retention of single cement-retained, wide- and narrow-platform implant-supported restorations. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospect* 6:98-102.

Sailer I, Sailer T, Stawarczyk B, Jung RE, Hämmerle CH (2009). In vitro study of the influence of the type of connection on the fracture load of zirconia abutments with internal and external implant-abutment connections. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 24: 850-858.

Sailer I, Zembic A, Jung RE, Hämmerle CH, Mattiola A (2007). Single-tooth implant reconstructions: esthetic factors influencing the decision between titanium and zirconia abutments in anterior regions. *Eur J Esthet Dent*. 2:296-310.

Shillingburg HT Jr, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE (1997). Fundamentals of Fixed Prosthodontics. 3rd ed. Quintessence Publishing; pp. 120-152.

Saboia VP, Silva FC, Nato F, Mazzoni A, Cadenaro M, Mazzotti G, Giannini M, Breschi L (2009). Analysis of differential artificial aging of the adhesive interface produced by a two-step etch-and-rinse adhesive *European Journal of Oral Sciences* 117:618-624.

Squier RS, Agar JR, Duncan JP, Taylor TD (2001). Retentiveness of dental cements used with metallic implant components. *Int J Oral Maxillofac Implants* 16:793-798.

Tanaka R, Fujishima A, Shibata Y, Manabe A, Miyazaki T (2008). Cooperation of phosphate monomer and silica modification on zirconia. *J Dent Res* 87:666-670.

Taylor TD, Agar JR (2002). Twenty years of progress in implant

prosthodontics. J Prosthet Dent 88:89-95.

Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R (2011). Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: Where are we now? *Dent Mater* 27:71-82.

Truninger TC, Stawarczyk B, Leutert CR, Sailer TR, Hämmerle CH, Sailer I (2012). Bending moments of zirconia and titanium abutments with internal and external implant-abutment connections after aging and chewing simulation. *Clin Oral Implants Res.* 23: 12-18.

Tuntiprawon M (1999). Effect of tooth surface roughness on marginal seating and retention of complete metal crowns. *J Prosthet Dent* 81:142-147.

Tylman SD (1963). Relationship of structural design of dental bridges and their supporting tissues. *Int Dent J* 13:303-317.

Valandro LF, Özcan M, Bottino MC, Bottino MA, Scotti R, Bona AD (2006). Bond strength of a resin cement to high-alumina and zirconia-reinforced ceramics: The effect of surface conditioning. *J Adhes Dent* 8:175-181.

Wada T (1986). Development of a new adhesive material and its properties. In: Gettleman L, Vrijhoef MMA, Uchiyama Y, editors. *Proceedings of the International Symposium on Adhesive Prosthodontics*, Amsterdam, Netherlands. Chicago: Academic of Dental Materials; pp. 9-18.

Wadhwani C, Pineyro A, Avots J (2011). An esthetic solution to the screw-retained implant restoration: Introduction to the implant crown adhesive plug: Clinical report. *J Esthet Restor Dent* 23:138-145.

Weed RM, Baez RJ (1984). A method for determining adequate resistance form of complete cast crown preparations. *J Prosthet Dent* 52:330-334.

Wegner SM, Gerdes W, Kern M (2002). Effect of different artificial aging conditions on ceramic-composite bond strength. *Int J Pros-*

thodont 15:267-272.

Wolfart M, Lehmann F, Wolfart S, Kern M (2007). Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dent Mater* 23:45-50.

Yildirim M, Edelhoff D, Hanisch O, Spiekermann H (2000). Ceramic abutments - a new era in achieving optimal esthetics in implant dentistry. *Int J Periodontics Restorative Dent* 20:81-91.

Yoshida K, Tsuo Y, Atsuta M (2006). Bonding of dual-cured resin cement to zirconia ceramic using phosphate acid ester monomer and zirconate coupler. *J Biomed Mater Res B: Appl Biomater* 77B: 28-33.

Zhang Y, Lawn BR, Rekow ED, Thompson VP (2004). Effect of sandblasting on the long-term performance of dental ceramics. *J Biomed Mater Res B:Appl Biomater* 71:381-386.

-ABSTRACT-

Effect of height of titanium link and cement type on the retention of zirconia abutment in the titanium-zirconia bicomponent abutments after thermocycling

Hong-Soo Shin, *D.D.S., M.S.D.*

Department of Dental Biomaterials Science, Graduate School, Seoul National University.

(Directed by Prof. ***Bum-Soon Lim****, B.S., M.S., Ph.D.)*

The reproduction of a natural mucogingival architecture surrounding dental implants is esthetically challenging. Most recently, all-ceramic restorations have become increasingly popular for restoring teeth and implants. The aim of present study was to evaluate the effects of titanium link height and dental cements on the retention force of the Ti-Zr bicomponent abutment system after thermocycling treatment.

Three different heights (2.0 mm, 2.5 mm and 3.0 mm with a taper of 0°) of titanium links were machined and pertinent zirconia abutments were fabricated with CAD/CAM. One hundred and sixty titanium links and zirconia abutments were prepared. Zirconia abutments were cemented on their respective titanium links with various type of dental cements (zinc phosphate, resin-modified glass ionomer and resin cements). Specimens were stored in deionized water (37 °C) for 24 hours and were thermocycled between 5 ℃ and 55 ℃ water chamber for 5,000 times. Pull-off test was performed

using a universal testing machine (Instron 4466, USA) with a crosshead speed of 1 mm/min. Twenty specimens were tested at each experimental group. The data were analyzed using *t-test* and Newman-Keuls multiple comparisons test (p=0.05). Retention forces were not significantly different between groups with 2.0 mm height and groups with 2.5 mm height ($p > 0.05$), but groups with 3.0 mm height showed the significantly high retention forces ($p < 0.05$). Resin-modified glass ionomer showed the lowest average retention force. Retention forces using resin cements without any adhesive functional monomers were not significantly different from zinc phosphate cements and resin-modified glass ionomer ($p > 0.05$). Resin cements with adhesive functional monomers (MDP or 4-META) showed the significantly higher retention force than the other resin cements ($p < 0.05$). No significant differences within different types of resin cements (such as total-etched, self-etched and self-adhesive resin cements) were observed.

Key Words: bicomponent abutment, height of titanium link, zirconia abutment, thermocycling, retention force

Student Number: 2008-31052