

# 지르코니아 보철의 임상적용 (임플란트)

서울미래치과의원

원장 허수복

지르코니아는 상변이강화효과(transformation toughening)에 힘입어 치과용 소재로서 세라믹의 적용범위를 획기적으로 확대시켰다.

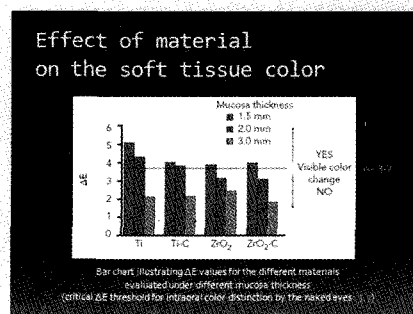
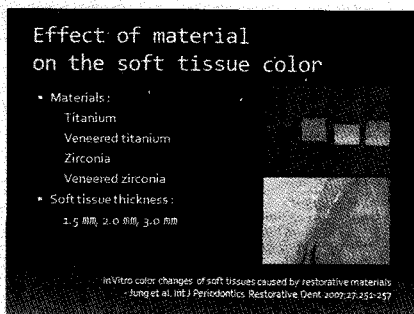
크라운 브릿지의 코어 뿐 아니라 임플란트의 어버트먼트로 활용되고 있으며 나아가 픽스춰 용도로의 가능성을 타진하기 위한 시도가 활발히 이루어지고 있다.

본문에서는 어버트먼트로서의 활용가능성과 근거에 대하여 다음의 항목별로 고찰하고자 한다.

1. 세라믹 어버트먼트의 필요성
2. 세라믹 어버트먼트의 변천
3. Screw joint stability
4. 지르코니아의 저온열화
5. 지르코니아 어버트먼트의 임상증례

## 1. 세라믹 어버트먼트의 필요성

- 1). 광학적 성질 (심미성) : Jung 등(2007)<sup>1)</sup>은 돼지의 구강 점막을 두께별로 (1.5mm, 2.0mm, 3.0mm) 잘



라 거상한 뒤 점막하방에 4 종의 재료 (titanium, veneered titanium, zirconia, veneered zirconia)를 넣고 점막의 색변화를 측정하였다.

육안으로 구별가능한 색차의 역치를 3.7 로 잡을 때 점막의 두께가 최소 2.0mm 이상이어야 하방의 색을 차단할 수 있는 것으로 나타났다.

점막이 얇은 아시아인들의 경우 특히, 상악 전치부에서는 점막관통부에 심미성을 담보할 수 있는 소재의 어버트먼트를 선택하는 것이 합리적이라 생각된다.

## 2) 생물학적 성질 (생체적합성)

Ichikawa 등은 (1992)<sup>2)</sup> 12 개월에 걸친 subcutaneous test 를 통해 부분 안정화 지르코니아가 생분해없이 높은 생체적합성을 나타냄을 보고하였으며 Covacci 등은 (1999)<sup>3)</sup> Y-TZP 가 어떠한 돌연변이 유발성 (mutagenicity)이나 발암성 (carcinogenicity)을 나타내지 않음을 보인 바 있다.

또한 지르코니아는 세균침착도 적은 것으로 알려졌다 (Scarano 등, 2004)<sup>4)</sup>.

Sicilia 등 (2008)<sup>5)</sup> 은 1500 명의 임플란트 환자 중에서 35명 (시술 후 알리지 반응을 보이거나 이유를 알 수 없는 실패를 경험한 환자 16 명, 다른 알리지의 기왕력이 있거나 임플란트 시술 중 티타늄에 과다 노출된 19명)을 추출하여 티타늄에 대한 알리지 테스트를 시행한 바 있다.

그 중 임플란트 시술 후 알리지 반응을 보이거나 이유를 알 수 없는 실패를 보인 16명의 환자 중 8명이 (50 %) 피부검사서 티타늄 알리지를 나타내었다. 이는 티타늄도 절대적으로 안전하지는 않다는 사실을 시사한다.

기존의 세라믹에 비해 탁월한 기계적 성질이 뒷받침되므로 생물학적, 광학적 요건을 만족시키는 지르코니아 어버트먼트의 선택이 당위성을 확보하는 근거가 된다.

## 2. 세라믹 어버트먼트의 변천

최초의 올세라믹 어버트먼트는 Ceradapt (NobelBiocare)로 알루미늄으로 제작되었다.

방사선 투과성과 지르코니아에 비교하여 낮은 파괴강도가 단점이다.

임플란트와의 접합면을 티타늄으로 한 ZiReal abutment (3i) 이 출시되었고 현재 CAD/CAM을 기반으로 하여 dense alumina 로 제작한 Procera abutment 이 시장을 선도하고 있으나 소재는 지르코니아로 대체되는 추세이다.

최근 세라믹 어버트먼트 연구의 초점은 접합의 정밀도 (Precision of fit), 강도와 인성 (strength, toughness), 방사선 불투과성 등에 맞춰져 있다.

## 3. Screw joint stability

external hex 타입의 경우 어버트먼트의 회전공차 (rotational misfit) 가 5° 이상일 경우 나사풀림을 야기하는데 필요한 하중의 사이클 수가 63% 나 감소하는 것으로 알려져 있으며 회전공차가 2° 이하일 때 최적의 스크류 조인트 안정성이 제공된다 (Binon 1996a<sup>6)</sup>, Binon 등 1996b<sup>7)</sup>).

즉 회전공차가 적을수록 스크류의 안정성은 높아지고 나사풀림은 감소하게 된다 (Jönreus 등, 1992)<sup>8)</sup>.

지르코니아 어버트먼트의 스크류 조인트 안정성은 우수하며 (Vigglo 등 2006)<sup>9)</sup>, Garine 등(2007)<sup>10)</sup> 은 54 개의 지르코니아 어버트먼트를 단일치 임플란트에 적용하여 평균 49.2개월간 평가한 결과 어버트먼트의 파절은 없었으며 2중례에서 나사풀림이 관찰되었다 (Glauser 등)<sup>11)</sup>.

지르코니아 어버트먼트의 안정성은 어느 정도 입증되었다고 할 수 있다

그러나 어버트먼트는 크라운 브릿지의 코어와 달리 체액과 직접 접촉하므로 저온열화의 가능성을 무시할

수 없으며 보다 심화연구가 필요할 것으로 사료된다.

또한 지르코니아 어버트먼트는 디자인에 따라 안정성과 리스크가 달라진다.

external type 이, 연결부의 두께가 두꺼운 것, 고온정수압소결한 (HIP) 것, 저온열화에 저항성이 있는 조성의 지르코니아 어버트먼트가 보다 나은 예후를 보장한다.

#### 4. 지르코니아의 저온열화현상

##### 1) 저온열화란 ?

1970년대 Garvie 등 (1975)<sup>12)</sup>과 Gupta 등 (1978)<sup>13)</sup>이 제시한 지르코니아의 응력-유기 상변이 개념 (stress-induced phase transformation) 은 세라믹 분야에서 가장 혁신적인 진전으로 평가되었다.

이러한 상변이는 입경 (grain size) 및 안정화제 (stabilizer, yttria) 의 함량과 큰 연관성이 있다.

그러나 지르코니아의 상변이 기전에 의한 강화효과에 힘입은 기대와 흥분은 Kobayashi 등 (1981)<sup>14)</sup>에 의해 꺾어버렸다.

Kobayashi 등은 습윤한 환경과 저온 (250℃ 근처) 에서 Y-TZP 가 서서히 tetragonal-to-monoclinic (t→m) transformation 을 겪으며 미세균열이 진행되어 강도가 감소하는 심각한 단점을 발견하였다.

이 후 상기한 바 t-m 상변이의 기본적 기전을 규명하려는 연구들이 시도되었고 소위 저온열화 (LTD ; Low Temperature Degradation) 현상이라 부르게 되었으며 그 주요 특징은 다음과 같다

- ① 상변이는 200~300℃에서 가장 급속히 발생하며 시간 의존적 (time-dependent) 이다.
- ② 수분이나 증기가 상변이를 가속화시킨다.
- ③ 상변이는 표층에서 심부로 진행한다.

④ 안정화제 함량이 높을수록, 입경이 작을수록 상변이에 대한 저항이 크다.

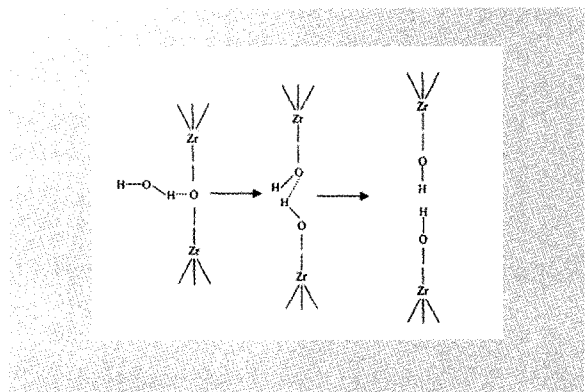
- Chevalier 등(1999)<sup>15)</sup>

실제로 정형외과에서 많이 시술하였던 지르코니아 고관절이 빈번한 파절을 보이며 실패한 것도 저온열화에 의한 것으로 추정하고 있다.

##### 2) 저온열화의 기전

Sato 등 (1985)<sup>16)</sup> 의 가설 :

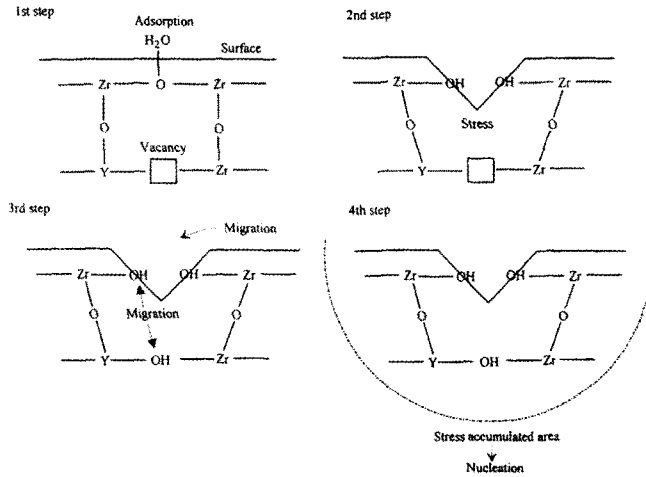
수분과 지르코니아간의 반응을 Y-TZP 나 Ce-TZP 의 상변이를 위한 활성화 에너지에 기초하여 설명하였다. 이들 연구에서는 두 가지 안정화제에 대하여 동일한 값을 부여하고 있는데 (72.8~93.8kJ/mol) 수분은 안정화 원소가 아닌 표층의 Zr-O-Zr 결합과 우선적으로 결합하여 분해한다.



Sato 등의 가설 모식도

② Yoshimura 등 (1987)<sup>17)</sup> 의 가설 :

oxygen vacancy (산소 공동 : 격자구조에서 원자가 빠져나간 빈 자리를 공동이라 하며 이는 세라믹의 점결함에 해당한다) 중 60% 를 수산기 (OH-)가 차지하며 이 수산기가 hydrothermal dissolution 의 trigger 로 작용하는 모델을 제시하였다.



Yoshimura 등의 가설 모식도

③ Lange 등 (1982)<sup>18</sup> 의 가설 :

증기 (water vapor) 가 지르코니아 표면에서 소량의 안정화 원소 (yttria)를 흡착하고 이 부분에서 불안정성에 의해 단사정계 결정상의 핵 (monoclinic nucleus) 이 형성, 심부로 성장한다는 이론을 제시하였다.

④ 그 외의 가설들:

Weinnubst 와 Burggraal (1988) , Azzoni 등 (1993) , Kruse 등 (1993) 수 많은 가설이 제시되었다.  
 -Simon Lawson (1995)<sup>19</sup>

현재 정확한 기전은 알려져 않은 상태이며 저온열화를 극복하기 위한 다양한 시도들이 진행되고 있다.

3) 저온 열화의 해법

미세분말을 사용하고 소결조건을 변화시켜 입경이 작고 치밀화한 제품을 추구하는 방법도 있으며 안정화제에 변화를 주기도 한다.

그러한 모색의 일환으로 Y,Nb-co stabilized zirconia-alumina composite material 이 개

발되어 여러 실험을 통해 저온열화에 저항성이 높은 것으로 나타나 기대를 모으게 한다.

크라उन이나 브릿지의 코어 재료로서는 저온열화가 그다지 문제가 되지 않으나 지르코니아 어버트먼트나 지르코니아 임플란트에서는 극복과제로서 중요한 변수가 될 가능성이 높다.

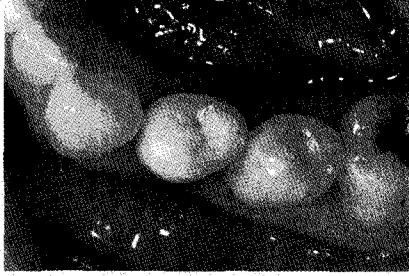
5. 지르코니아 어버트먼트를 이용한 증례

1) 증례 1 : 티타늄 어버트먼트를 이용한 경우



임플란트로 수복된 하악 좌측 제 1 소구치

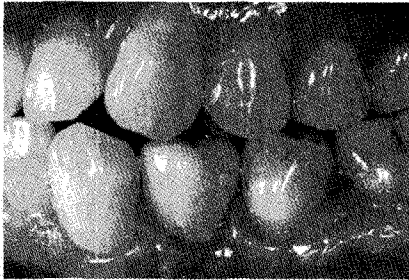
임상가를 위한 특집 8



5 년 경과 후 협착골의 흡수소견



발치를 권유하였으나 설득에 실패하였고 함몰된 조직의 재건을 위한 site development 시행



협착의 shine-through effect 는 전치부라면 용납되지 않을 심미적 실패로 간주될 수 있다



tenting screw 설치 및 이식재 충전

2) 증례 2

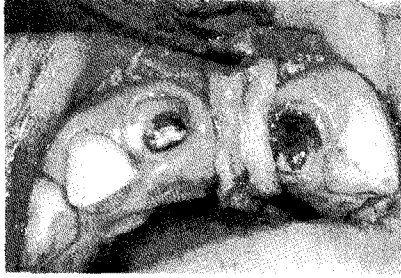


상악중절치의 금속포스트와 우식, 잔존치근 수준의 축절치, 상실부의 조직함몰 소견



Ossix membrane 설치

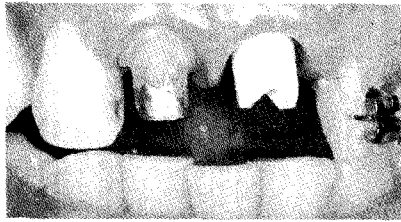
3) 증례 3



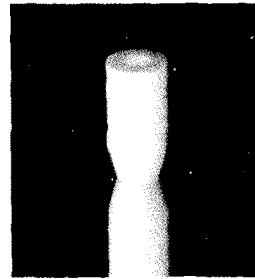
순측 조직 확보를 위한 VIPCT Flap



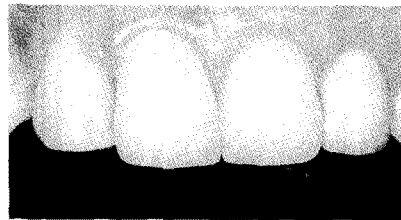
잔존치근은 주의 깊은 발치를 요한다



치은 형성 완료 후 지르코니아 어버트먼트 장착 소견, 건전 치질이 노출된 좌측 측절치는 치은절제 예정



기성 Y-Nb/ Z-A composite abutment



지르코니아 크라운 합착 소견



3Y-TZP 와 달리 핸드피스로 쉽게 삭제할 수 있으며 저온열화에 대한 내성이 있다



삭제한 지르코니아 어버트먼트의 구강내 장착 소견



지르코니아 크라운 합착 후 소견, 연조직반응이 뛰어나다

### 참 고 문 헌

1. In vitro color changes of soft tissues caused by restorative materials R. Jung, I. Sailer, C. H. Hämmerle, T. Attin, P. Schmidlin Int J Periodontics Restorative Dent 2007 ; 27 : 251~257
2. Tissue compatibility and stability of a new zirconia ceramic in vivo Y. Ichikawa, Y. Akagawa, H. Nikai, H. Tsuru J Prosthet Dent 1992 ; 68 : 322~326
3. In vitro evaluation of the mutagenic and carcinogenic power of high purity zirconia ceramic V. Covacci, N. Bruzzese, G. Maccauro, C. Andreassi, G. A. Ricci, C. Piconi, E. Marmo, W. Burger, A. Cittadini BioMaterials 1999 ; 20 : 371~376
4. Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconia oxide disks : an in vitro human study A. Scarano, M. Piattelli, S. Caputi, G. A. Favero, A. Piattelli J Periodontol 2004 ; 75 : 292~296
5. Titanium allergy in dental implant patients : a clinical study on 1500 consecutive patients A. Sicilia, S. Guesta, G. Coma, I. Arregui, C. Guisasola, E. Ruiz, A. Maestro Clin Oral Impl Res 2008 ; 19 : 823~835
6. The effect of implant abutment hexagonal misfit on screw joint stability P.P. Binon Int J Prosthodont 1996 ; 9 : 149~160
7. The effect of eliminating implant/abutment rotational misfit on screw joint stability P.P. Binon, M. McHugh Int J Prosthodont 1996 ; 9 : 511~519
8. Loads and designs of screw joint for single crowns supported by osseointegrated implants L. Jönreus, T. Jemt, L. Carlsson Int J Oral Maxillofac Implants 1992 ; 7 : 353~359
9. An in vitro evaluation of titanium, zirconia, and alumina Procera abutments P. Vigolo, F. Fonzi, Z. Majzoub, G. Cordioli Int J Oral Maxillofac Implants 2006 ; 21 (4) : 575~580
10. Measurement of the rotational misfit and implant-abutment gap of all-ceramic abutments W.N. Garine, P. D. Funkenbusch, C. Ercoli, J. Wodenscheck, W.C. Murphy Int J Oral Maxillofac Implants 2007 ; 22 : 928~938
11. 2004 Experimental zirconia abutments for implant-supported single-tooth restorations in esthetically demanding regions : 4-year results of a prospective clinical study R. Glauser, I. Sailer, A. Wohlwend, S. Studer, M. Schibli, P. Schärer Int J Prosthodont 2004 ; 17 : 285~290
12. Ceramic Steel? P.C. Garvie, R.H.J. Hannink, R.T. Pasco Nature 1975 ; 258 : 703~704
13. Effect of stress-induced phase transformation on the properties of polycrystalline zirconia-containing tetragonal phase T. K. Gupta, F. F. Lange, J. H. Bechtold J Mater Sci 1978 ; 13 : 1464~1470
14. Phase change and mechanical properties of ZrO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> solid electrolyte after aging K. Kobayashi, H. Kuwajima, T. Masaki Solid State Ionics 1981 ; 3/4 : 489~495
15. Low-temperature aging of Y-TZP ceramics J Chevalier J Am Ceram Soc 1999 ; 8 : 2150~2154
16. Transformation of Ytria-doped tetragonal ZrO<sub>2</sub> polycrystal of annealing in water T. Sato, M. Shimada J Am Ceram Soc 1985 ; 68 : 356~359
17. Role of water on the degradation process of Y-TZP M. Yoshimura, T. Noma, K. Kawabata, S. Somiya J Mater Sci Lett 1987 ; 6 : 465~467
18. Transformation toughening Part I and Part II F.F. Lange J Mater Sci 1982 ; 17 : 225~240
19. Environmental degradation of zirconia ceramics S. Lawson Journal of the European Ceramic Society 1995 ; 15 : 485~502