

지르코니아제 지대주를 이용한 임플란트 심미수복

김현주, 노운정, 김세라, 송승일, 고석민

아주대학교병원 치과진료센터

Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone

Hyun joo Kim, Woon jung Noh, Se ra Kim, Seung il Song, Sok-Min Ko

Ajou university hospital dental clinic center

Abstract

Anterior maxillary area is called “esthetic zone”. Sometimes in implant restoration, metal abutments can make tissue discoloration on the cervical area. Zirconia abutment is an alternative for the use in esthetic zone because it doesn't cause tissue discoloration. This article describes four cases where zirconia abutments were used in anterior maxillary area with all-ceramic restorations. Though one case suffered the fracture of all-ceramic restoration, three of the four cases had good esthetic and functional results.

key words: esthetics zone, implant restoration, tissue discoloration, zirconia abutment

(Implantology 2009; 13(2): 110~118)

본 연구는 오스템 임플란트(주)의 지원으로 수행되었음.

I 서론

치과 임프란트는 Brånemark에 의해 골유착(osseointegration)이라는 개념이 도입된 후¹⁾, 많은 연구와 임상을 바탕으로 상실된 치아의 수복방법으로 발전되어왔다. 임프란트의 적용으로 기존 보철치료의 단점인 인접 자연치 삭제로 인한 건전치질의 손상 없이 치아 수복이 가능해졌을 뿐만 아니라, 임프란트와 골의 높은 결합력으로 기존 가철성 보철물의 낮은 유지력이 획기적으로 개선되었다.

그러나 이런 기능적인 관점에서와 달리 심미성이 중요시되는 전치부 수복의 경우 금속제 지대주나 UCLA 지대주의 금속 변연의 노출, 또는 잇몸을 통한 금속성 색조의 투과는 임프란트 수복수복을 망설이게 하는 원인이 되었다. 특히 치은의 두께가 얇거나 연조직 양이 부족한 경우, 연조직의 높이가 차이가 두드러진 경우, 식립된 임프란트의 위치와 각도가 좋지 않은 경우, 고정체가 높게 식립된 경우, 연조직의 퇴축이 예상되는 경우 등 심미적인 결과를 획득하기 어려운 증례에서는 건전치질의 삭제라는 근본적인 문제점에도 불구하고 전통적 고정성 보철물이 더 선호되기도 한다.

최근에 기존 금속제 지대주의 비심미성을 보완하기 위해 치아 색상과 유사한 지르코니아 지대주가 도입되어 보다 심미적인 치료 결과를 획득할 수 있게 되었다^{2,3,4)}. 지르코니아의 높은 강도와 파괴인성에 의한 우수한 내구성, 생체 적합성, 연조직 반응은 심미성이 요구되는 부위에서 장기적으로 안정된 결과를 나타낸다⁵⁾. 본 연구를 통해 임프란트로 상실된 치아를 수복한 환자 중 다양한 이유로 심미적 수복이 곤란한 경우에 지르코니아제 지대주를 이용하여 좀 더 만족스러운 결과를 얻었으며, 약간의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II 증례보고

본 연구는 전치부의 치근잔존, 치근단 치주염, 치아 동요, 심미 개선 등을 주소로 아주대학교병원 치과진료센터에 내원하여 발치 후 임프란트 치료가 필요한 환자를 대상으로 하였다. 식립 전 진단모형을 교합기에 부착 후 교합검사 및 정확한 식립 위치를 확인하였으며, 진단 납형 형성 후 수술용 스텐트를 제작하였다. 수술용 스텐트는 방사선 진단용 스텐트로도 사용되었으며, 컴퓨터단층촬영(I-CAT, ISI사, USA)으로 치조골 고정 및 협설 폭경을 확인하였다.

임프란트 고정체 식립은 구강외과에서 시행하였다. 각각의 증례에 맞는 다양한 직경과 길이의 외부 연결 육각구조를 갖는 임프란트 고정체(OS II, Osstem corporation, Korea)를 식립하고 일정한 치유기간을 거친 후, 상부 보철물 수복을 위해 보철과로 의뢰되었다. 공진주파수 측정기(Osstell Mentor, Osstell AB사, Göteborg, Sweden)를 사용하여 골과 고정체 간의 고정력 평가 후 상부구조 제작 시기를 결정하였다. 파노라마 사진으로 임프란트 고정체의 식립 방향과 높이를 판단하고, 구강 내 검사를 하여 주위 치은의 건강도와 인접치, 대합치의 상태와 교합관계 등을 검사하였으며, 치은연과 고정체의 상연까지의 거리를 측정하여 지대주 종류 및 치수를 결정하였다. 상부구조 제작 전, 진단 모형을 제작, 교합기에 부착하고 고정체 식립 방향과 대합치와의 관계를 확인하여, 나사 통로구(access hole)의 순측 노출 여부에 따라 나사유지형으로 제작되거나 시멘트 유지형 상부구조로 제작되었다. 개인 트레이를 이용하여 채득된 최종 인상에서 작업 모형을 제작하였으며, 작업모형 상에서 상부구조를 제작하였다. 한편, 최종 보철물의 색상은 색조가이드(3D Master, Vita Zahnfabrik사, Germany)를 이용하여 인접 자연치의 색상을 참고하여 선택하였다.

작업모형 상에서 전부도재관을 위한 공간을 확보하고, 변연

이 치은 연하에 위치할 수 있도록, 지르코니아제 지대주 (ZioCera, Ossstem, Korea)을 절삭 가공하였다. 가공된 지대주 상방에 지르코니아 코아를 이용한 전부도재관을 제작, 환자에게 장착하였다.

증례 1. 치은 두께가 얇은 증례

43세 여자로 상악 우측 중절치(이하 #11)와 상악 좌측 중절치(이하 #21)의 치근 잔존을 주소로 내원하였다. 방사선 사진

검사 결과 #11과 #21의 치근이 외흡수로 인해 짧아져 있었고, 구강내 검사 소견에서 포스트와 크라운이 3도의 동요도를 보였다(Fig. 1). 발치(Fig. 2) 후 즉시 임프란트를 식립하고, 순측의 변연골 흡수를 보상하기 위해 0.25cc의 이종골(BBP, 오스코텍 (주), Korea)이식을 시행하였다. 3개월의 치유기간 후 보철과 내원시 #11의 치은선의 높이는 #21보다 더 높았고, 상악 전치부(#12부터 #22)가 순측으로 기울어져 있으며, 치은 두께가 얇고 투명하여 금속제 지대주를 이용한 수복은 치은 변연부에서 금속 색상의 투과로 심미적 수복이 어려울 것으

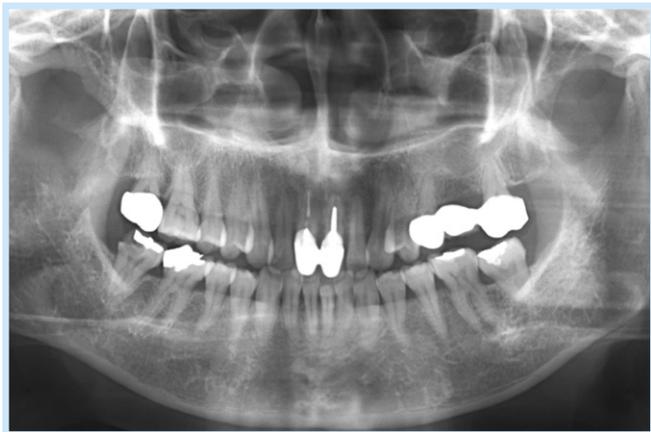


Fig 1. Panoramic view at first visit.

Hyun joo Kim et al: *Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone.* *Implantology* 2009

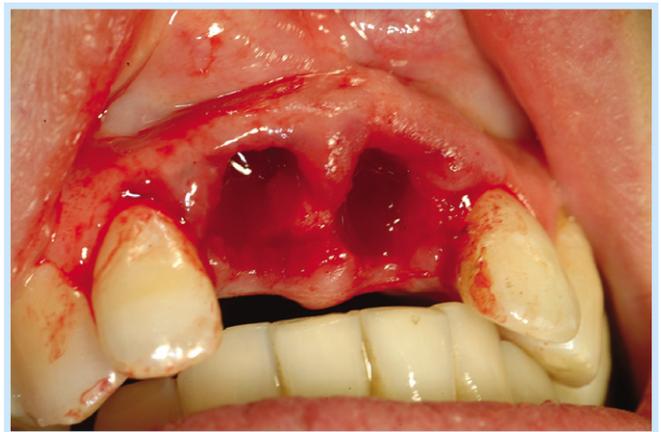


Fig 2. Frontal view after upper central incisors extraction.

Hyun joo Kim et al: *Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone.* *Implantology* 2009



Fig 3. Zirconia abutments were prepared for supporting outer crown.

Hyun joo Kim et al: *Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone.* *Implantology* 2009



Fig 4. Although crown length was not same, healthy gum color has returned.

Hyun joo Kim et al: *Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone.* *Implantology* 2009

로 판단되어 지르코니아제 지대주(Fig. 3)와 전부도재관으로 수복하였다. 과개교합으로 인해 하악의 전방운동 시 상악전치부에 하중이 증가되어 지대주 파절이나 연결 나사 풀림의 문제점이 우려되었으나, 인접좌우측 측절치의 치근이 길고 건전하여 전방유도시 임플란트 상부구조에 접촉을 최소화하여 그 문제점들을 해결하고자 하였다.

금속제 지대주의 금속 색상이 비쳐 비심미적인 결과가 예상되는 증례에서, 지르코니아제 지대주를 이용하여 건강한 분홍빛의 치은선의 재현으로 심미적으로 만족스러운 결과를 획득하였다(Fig. 4). 현재 상부구조 장착 후 2년 6개월이 경과되었으나, 대합치와 최소한의 접촉이 되도록 주기적인 검진 결과 나사풀림이나 지대주 파절 등의 문제가 발생하지 않았고, 잇몸 건강도 잘 유지되고 있다.

증례 2. 알게 심겨진 임플란트 고정체의 증례

상악 전치부의 염증을 주소로 내원한 56세 여자 환자는, 임상검사와 방사선 사진 검사 결과 상악 좌우측 중절치와 측절치(이하 #12, 11, 21, 22)의 치근단 치주염으로 진단되었다.

#12와 #22는 과거 포스트 치료를 받은 병력이 있고 #12부터 #22까지 4본 브릿지로 수복되어있었으며, #11과 #21사이에 과잉치가 존재하였다. #12-#22의 발치와 과잉치의 외과적 발치를 함께 시행하였고, 4개월 경과 후 상악 순측부위의 부족한 골량을 보충하기 위해 하악지 골을 이용한 자가골 및 이종골(BBP, 오스코텍(주), Korea)이식을 시행 후, 임플란트 고정체를 식립하였다. 보철과에 의뢰되었을 때 외부육각구조가 치은 상부에 노출될 정도로 임플란트 고정체가 치관측으로 식립되어 있었고, 치은열구가 얇아서 UCAL 지대주를 이용하더라도 지대주의 금속연결부의 노출을 피할 수 없을 것으로 판단되었다(Fig. 5, 6). 미소선이 높아 치경부가 노출되는 이 환자는 상악 전치부 수복 시 특히 심미성이 중요하므로, 금속 연결부를 갖지 않은 지르코니아제 지대주를 선택하여 가공하고(Fig. 7), 상방에 전부도재관으로 수복하였다. 본 증례에서는 고정체 식립 불량으로 인한 금속연결부의 노출이 우려된 경우에 지르코니아제 지대주의 사용으로 비심미성을 극복하였다(Fig. 8).



Fig 5. In frontal view, the metal platform was shown due to highly positioned fixtures.

Hyun joo Kim et al: Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone. Implantology 2009



Fig 6. Getting esthetic result was difficult due to highly positioned fixtures.

Hyun joo Kim et al: Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone. Implantology 2009



Fig 7. After preparation of zirconia abutments.
 Hyun joo Kim et al: *Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone.*
Implantology 2009



Fig 8. Completed restoration with all-ceramic bridge.
 Hyun joo Kim et al: *Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone.*
Implantology 2009

증례 3. 고정체의 식립각도가 불량한 증례

단단한 음식을 씹은 후 전치부 치아의 동요를 주소로 내원한 54세 여자 환자로, 임상검사와 방사선 사진 검사 결과 좌측 측절치(이하 #22)의 치관 파절이 있었고, 인접치를 포함한 경미한 치조골 및 치은의 흡수가 있었다. 골 흡수가 상당히 진행되어 교정적 정출 시 치관 대 치근 비율이 불량할 것으로 예상되어 발치 후 즉시 임플란트를 시행하였다. 보철과 내원 시 임상 검사 결과 고정체의 식립 방향은 순측 경사되어 있었는데(Fig. 9), 이는 즉시 임플란트 시술 시 고정체를 자연치근의 치축 방향에 따라 식립할 때, 흔히 발생할 수 있는 문제이다. 금속제 지대주와 주조금속도재관을 제작하여 수복하였으나 치은경계부위에서 금속제 지대주가 투과되어 심미적인 결과를 얻기 곤란하였기에(Fig. 10), 금속제 지대주를 지르코니아제 지대주로 교환하고(Fig. 11) 전부도재관으로 수복하였다(Fig. 12).



Fig 9. Poorly angled fixture complicate matters in the esthetic restoration.
 Hyun joo Kim et al: *Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone.*
Implantology 2009



Fig 10. With metal abutment and PFG crown, gum appeared darkly due to the metal abutment collars underneath the gum.
 Hyun joo Kim et al: *Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone.*
Implantology 2009



Fig 11. With zirconia abutment, gingival color became bright and healthy.

Hyun joo Kim et al: Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone. Implantology 2009



Fig 12. More esthetic restoration was possible using zirconia abutment and all-ceramic crown.

Hyun joo Kim et al: Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone. Implantology 2009

증례 4. 지르코니아 지대주에 의한 수복 실패의 증례

상악 전치부의 심미성 개선을 주소로 내원한 39세 남자 환자로, 임상검사와 방사선 사진 검사 결과 좌우측 중절치(이하 #11, 21)와 우측 측절치(이하 #12)는 심한 치주염을 동반하고 순측 경사를 보였다. 또 상악 우측 견치(이하 #13)와 측절치

(#12), 중절치(#11) 사이의 치간이개가 매우 심한 상태였다. 치주염으로 인한 치조골 흡수가 상당히 진행되어, 좌우측 중절치와 상악 우측 측절치를 발치와 함께 우측 하악지에서 자가골 이식(onlay graft)을 시행하였다. 약 5개월 후에 #12, 21에 임프란트 고정체를 식립하였다(Fig. 13). 식립 4개월 후 상부구조 제작을 위해 보철과에 내원하였으며, 치조골 흡수와 연조직 퇴축으로 인한 금속제 지대주의 노출이 우려되어 지



Fig 13. After extraction and bone graft, he was referred to the department of prosthodontics to restore missing teeth.

Hyun joo Kim et al: Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone. Implantology 2009



Fig 14. After two weeks, fractured margin was observed.

Hyun joo Kim et al: Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone. Implantology 2009



Fig 15. To prevent fracture, restorations were redone with gold abutments and PFG bridge.

Hyun joo Kim et al: Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone. Implantology 2009



Fig 16. Fortunately, the emergence profile and the gingival line was not an important factor because the patient had lower lip line.

Hyun joo Kim et al: Implant replacement utilizing zirconia abutment in esthetic zone. Implantology 2009

르코니아제 지대주와 전부도재관으로 수복을 하였다. 2주 후 전부도재관 순면 치경부 경계의 파절이 관찰되었다(Fig. 14). 구강검사 및 모형 관찰 결과, 고정체의 식립 위치가 순측으로 치우쳐 지르코니아 지대주와 도재관을 위한 두께를 확보하기 충분하지 않았기 때문에 전부도재관의 치은경계부가 얇아져서 파절된 것으로 판단되었다. 또한 치조골 흡수로 인해 노출된 치근을 재현하는 과정에서 전부도재관 두께가 얇게 제작되었다. 하악의 전방운동 시 교합력을 수직으로 받는 상악 전치부의 순측 치은 경계부에 응력이 집중되기 때문에 이의 파절을 방지하기 위해서는 지르코니아 지대주나 도재관은 일정한 두께를 확보해야 한다. 이 증례의 환자는 미소선이 높지 않아 UCLA 지대주를 이용한 나사 유지형상부구조로 제작하고, 이중관 제작으로 외부관의 치경부 두께 부족을 보상하였다 (Fig. 15, 16).

는 금속과 유사하며 색상은 치아와 유사하여 ceramic steel로 불리우고 있다⁶⁾. 산화지르코늄은 산화마그네슘, 산화칼슘, 산화이트리움 등 금속과 혼합하면 서로 다른 결정구조를 형성하여 물리적 성질이 더욱 강화된다. 특히 이트리움의 첨가에 의해 형성된 사각 결정구조(TZP; Tetragonal Zirconia Polycrystal)는 지르코니아 표면에 발생한 파절선이 전파될 때, 이 사각결정이 팽창하여 파절의 진행을 저지하므로써 물리적 성질의 향상에 기여한다⁷⁾. 지르코니아의 압축강도는 약 2000MPa, 인장강도는 900-1200MPa 이상으로, 알루미늄의 두 배, 스테인레스강과 유사하다⁵⁾. 또한 지르코니아제 지대주의 파괴검사에서 타이타늄제 지대주와 유사한 강도를 나타내어 임상적으로 장기간 안정적인 사용이 가능할 수 있음이 증명되었다⁸⁾. 또한 타이타늄에 비해 지르코니아제 지대주의 낮은 세균막 점착성은 임플란트 주위 잇몸 건강 및 주위골 흡수에 대해 장점을 가진다^{9,10)}.

III 총괄 및 고찰

지르코니아는 지르코늄의 결정성 이산화물로, 파절강도

고정체와 지대주 간의 불량한 적합도는 임플란트의 장기간 기능 후 나사풀림이나 지대주 나사 등의 부품 파절 및 결합부 마모 등의 문제점을 초래할 수 있다. 고정체와 타이타늄, 알루미늄, 지르코니아 지대주간의 정밀도에 관한 연구에서, 지르코니아제 지대주의 회전유격은 알루미늄제 지대주에 비해 현

저히 낮고 타이타늄계 지대주와 유사한 정도를 나타냈다¹¹⁾. 또한 지르코니아계 지대주에 대한 나사풀림 연구에서, 하중을 가하지 않았을 때 나사풀림이 발생하는 평균 torque는 $20.86\text{Ncm} \pm 1.07$ 이고, 5백 만 회의 반복적인 하중 하에서는 평균 $19.71\text{Ncm} \pm 1.11$ 를 보였다¹²⁾. 이상의 결과는 단일치 수복의 경우에 지르코니아 지대주의 사용으로 나사풀림 등의 문제없이 임상적 적용이 가능함을 시사한다.

본 연구는 치은이 얇은 증례, 임플란트 고정체가 치조골보다 높게 위치한 증례, 임플란트의 위치와 각도가 좋지 않은 증례, 심한 골흡수로 인해 치은 퇴축이 예상되는 증례 등 기존의 금속계 지대주로 만족스러운 결과를 획득하기 곤란한 경우에 심미성과 물리적 성질이 우수한 지르코니아계 지대주를 이용하여 치은선부위의 심미성을 증진시키고자 하였다. UCLA 지대주 등 금속계 지대주의 경우에는 고정체의 육각외부연결 형태에 결합하기 위한 금속계 내부연결육각홈이 잇몸 하방에서 비쳐 보이거나, 노출되어 심미적으로 치명적인 결과를 나타낼 수 있으므로, 지르코니아 지대주를 연결하고 상부에 전부도재관으로 수복하여 치은선 부분의 금속성 색조에 의한 심미성 문제를 해결하고자 하였다.

증례 4는 지르코니아 지대주 위에 연결된 전부도재관의 치은 경계부위가 파절되었다. 이는 고정체 식립위치가 너무 순측에 치우쳐, 지르코니아 지대주나 전부도재관의 두께가 너무 얇아지면 강도가 저하되어 지대주나 상부 도재관의 파절이 발생함을 보여준다. 파절을 방지하기 위해서 지르코니아계 지대주는 최소 0.5mm이상의 두께로 평평하게 절삭되고 테두리와 모서리 부위를 둥글게 형성하여야 하며, 가공 시에는 과열에 의한 물리적 성질의 변화를 방지하기 위해 반드시 주수 하에 삭제하여야 한다. 전부도재관에도 경계부위는 예각이 되지 않게 형성하고 충분한 두께를 부여해준다. 지르코니아 지대주의 가공으로 두께가 얇아지거나 전부도재관의 공간의 확보가 곤란한 경우에 파절의 위험도는 증가하며, 금속 지대주나 금속도재관의 사용이 불가피한 경우가 있다. 이 증례에서는 미소라인이 낮고 치은부 노출이 적어 금속 도재관

에 의한 수복으로 커다란 심미적 문제는 발생되지 않았다.

한편 수복물에서 지르코니아와 축성도재 간의 결합부분은 가장 취약하여 이 부분에서의 모서리 흠집이나 파절이 발생되기 쉽다. 도재간 파절은 상이한 열팽창계수, 축성도재의 소성수축, 지르코니아 코어의 낮은 젖음성이 그 원인으로 거론되고 있다¹³⁾.

Atsu 등은 지르코니아의 접착에는 주로 레진 시멘트가 선택되며 결합력은 15MPa 정도이지만, trebochemical 처리에 의해 결합강도는 증가한다고 하였다¹⁴⁾. Rocatec system은 tribochemical silica 코팅처리를 하여 레진 시멘트와 병용할 때 다른 표면처리 즉, chairside polishing, sandblasting 등과 비교시 높은 결합강도를 보여 지르코니아 접착시 변연누출을 막는 효과적인 방법으로 이용할 수 있다¹⁵⁾. 그러나 시멘트 유지형 상부구조의 경우에는 지대주 연결 나사 풀림이 발생시에 상부 보철물의 제거가 용이하지 않기 때문에, 영구 합착제 보다는 대부분 임시 합착제를 이용하는 경우가 많아, 임플란트 보철물에 대한 시멘트의 결합 강도는 크게 중요하지 않다고 사료된다.

이상에서 우리는 전치부 임플란트 수복시 지르코니아 지대주를 사용하여 심미성을 개선한 증례를 고찰해보았다. 본 연구에서 전부도재관의 지르코니아 코어 파절이 발생되기도 하였으나, 상부구조를 위한 충분한 두께를 확보하고 전치부 교합력을 적절히 분산한다면 그 위험성을 낮출 수 있을 것이다. 한편 다양한 온도 변화와 수분 상태 등 실제 구강 내 상황 하에서의 물리적 생리적 반응에 대한 장기적 예후에 대한 임상적인 연구가 보충되어야 할 것으로 사료된다.

IV 결론

전치부에 대한 임플란트 수복 시 얇은 치은, 연조직의 퇴축이 예상되거나 양이 부족한 경우, 인접치와의 연조직 높이 차

이로 인한 비심미성, 불량한 임플란트의 식립 위치와 각도 등은 금속제 지대주의 사용시 금속색이 비쳐보이거나 노출이 되어 심미적인 결과의 획득을 어렵게 하는 요인이다. 심미적인 치료 결과의 한계성에 대해서는 대부분 철저한 진단에 의해 술자가 예상할 수 있어야 하며, 사전에 환자에게 고지되어야 한다. 그러나 임플란트 고정체 식립 오류는 심미적인 수복을 곤란하게 하고, 결과에 대해 환자가 만족하지 못하는 경우에는 종종 치료 의사와 환자와의 관계가 불편해지기도 한다. 지르코니아 지대주의 사용은 좀 더 자연치에 가까운 심미적 수복이 가능하기 때문에, 심미성이 강조되는 전치부에서 새로운 치료 대안이라고 생각된다.



참고문헌

- 1) Brånemark PI. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw: experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 1977; 16: 1-132.
- 2) Tan PL, Dunne Jr JT. An esthetic comparison of a metal ceramic crown and cast metal abutment with an all-ceramic crown and zirconia abutment: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2004; 91: 215-218.
- 3) Glauser R, Sailer I, Wohlwend A, et al. Experimental zirconia abutments for implant-supported single-tooth restorations in esthetically demanding regions: 4-year results of a prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 2004; 17: 285-290.
- 4) Sadoun M, Perelmuter S. Alumina-zirconia machinable abutments for implant-supported single-tooth anterior crowns. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1997; 9: 1047-1053.
- 5) Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999; 20: 1-25.
- 6) Manicone PF, Iommetti PR, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: Basic properties and clinical applications. *J Dent* 2007; 35: 819-826.
- 7) Garvie RC, Nicholson PS. Structure and thermodynamical properties of partially stabilized zirconia in the CaO-ZrO₂ system. *J Am Ceram Soc* 1972; 55: 152-157.
- 8) Butz F, Heydecke G, Okutan M, et al. Survival rate, fracture strength and failure mode of ceramic implant abutments after chewing simulation. *J Oral Rehabil* 2005; 32: 838-843.
- 9) Rimondini L, Cerroni L, Carrassi A, et al. Bacterial colonization of zirconia ceramic surfaces: an in vitro and in vivo study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002; 17: 793-798.
- 10) Scarano A, Piattelli M, Caputi S, et al. Bacterial adhesion on commercially pure titanium and zirconium oxide disks: an in vivo human study. *J Periodontol* 2004; 75: 292-296.
- 11) Vigolo P, Fonzi F, Majzoub Z, et al. An in vitro evaluation of ZiReal abutments with hexagonal connection: in original state and following abutment preparation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005; 20: 108-114.
- 12) Gehrke P, Dhom G, Brunner J, et al. Zirconium implant abutments: Fracture strength and influence of cyclic loading on retaining-screw loosening. *Quintessence Int* 2006; 37: 19-26
- 13) Aboushelib MN, de Jager N, Kleverlaan CJ, et al. Effect of loading method on the fracture mechanics of two layered all-ceramic restorative systems. *Dent Materials* 2007; 23: 952-959.
- 14) Atsu SS, Kilicarslan MA, Kucukesmen HC, et al. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J Prosthet Dent* 2006; 95: 430-436.
- 15) Tsukakoshi M, Shinya A, Gomi H, et al. Effects of dental adhesive cement and surface treatment on bond strength and leakage of zirconium oxide ceramics. *Dent Mater J* 2008; 27: 159-171.

교신저자: 고석민

우편번호: 443-721

주소: 경기도 수원시 영통구 원천동 산 5 아주대학교병원 치과진료센터

Tel: 031-219-5869

e-mail: shugoi@ajou.ac.kr