creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

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

치의학석사 학위논문

비글견의 하악에 식립된 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 골유착 평가

Osseointegration of immediate root-analog zirconia implant in the mandible of beagles

2019년 2월

서울대학교 대학원

치의과학과 구강악안면해부및영상과학 전공

곽 경 아

비글견의 하악에 식립된 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 골유착 평가

Osseointegration of immediate root-analog zirconia implant in the mandible of beagles

지도교수 박 영 석

이 논문을 치의학석사 학위논문으로 제출함
2018년 10월

서울대학교 대학원
치의과학과 구강악안면해부및영상과학 전공
곽 경 아

곽경아의 석사 학위논문을 인준함
2018년 12월

위 원 장 이 승 훈 (인)

부위원장 박 영 석 (인)

위 원 정 신 혜 (인)

국문초록

비글견의 하악에 식립된 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 골유착 평가

서울대학교 치의학대학원 치의과학과
구강악안면해부및영상과학 전공
(지도교수: 박 영 석)

곽 경 아

목적: 티타늄 임플란트가 가지는 심미적 문제와 기존의 원통형 임플란트 술식의 단점을 대안으로 한 임플란트 시스템을 적용하였다. 임플란트 실패에는 여러 요인이 존재하지만, 디자인의 측면에 초점을 두고 발치와(拔齒窪)와 긴밀한 즉시 식립형 자연치아 형태 임플란트를 통해 초기 안전성을 부여하는 기술 개념을 확인하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 비글견의 하악에 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트를 식립하여 골유착(Osseointegration)을 평가하고자 한다.

방법: 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트 제작을 위해 비글견의 하악을 CT로 촬영하였고, 치아 구조를 본뜬 3차원 영상을 획득

하였다. 획득한 영상을 바탕으로 제작된 임플란트를 3마리의 수컷 비글견 하악 소구치 양쪽에 식립하였고, 3개월의 치유과정 후 조직학적 평가와 Micro CT 분석을 수행하였다.

결과: 비글견의 하악 소구치 부위에 총 42개의 즉시 식립형 자연치아 형태 임플란트를 식립하였고, 이 중 7개의 임플란트는 발치와와 긴밀성 부족으로 식립에 실패했다. 3개월의 치유 과정 후에는 식립에 성공한 35개의 임플란트 중 23개의 임플란트에서 골유착을 확인하였고, 평균적인 BIC 값은 18.7±15.2 %로 나타났다.

결론: 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 BIC 값은 기존의 상용 임플란트의 BIC 값과 비교해 낮게 나타났다. 골유착의 우수성을 평가하기 위해서는 아직 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

주요어 : 즉시 식립형, 자연치아 형태, 지르코니아 임플란트, 3D 스캔
학 번 : 2017-25912

비글견의 하악에 식립된 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 골유착 평가

서울대학교 치의학대학원 치의과학과
구강악안면해부및영상과학 전공
(지도교수: 박 영 석)

곽 경 아

목 차

제 1장 서론
제 2장 연구방법 및 대상
제 3장 연구결과
제 4장 고찰
참고문헌
부록
영문초록

표 목 차

[표 1] 비글견의 하악에 치근재현형 지르코니아 임플란트 식립 후 BIC 값 ····· 9
[표 2] 지르코니아 임플란트에 대한 임상 시험 중 조직학적 평가 ····· 42
[표 3] 지르코니아 임플란트에 대한 주요 임상 시험 평가지표 및 결과 ····· 43
[표 4] 지르코니아 임플란트에 대한 주요 전임상 시험 평가지표 및 결과 ····· 45

그 림 목 차

[그림 1] 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 개념 ····· 36
[그림 2] 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 가상 모형 ····· 36
[그림 3] 비글견 하악의 CT 촬영 ····· 37
[그림 4] 비글견의 발거한 치아 ····· 37
[그림 5] 비글견의 소구치 발치 후 치조와 모습 ····· 38
[그림 6] 비글견의 발치와에 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트를 식립한 모습 ····· 38
[그림 7] 안락사 후 조직 시편 제작을 위해 적출된 비글견의 하악 ····· 39
[그림 8] 비글견에 식립된 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 micro CT 촬영 이미지 ····· 39

[그림 9] 비글견의 하악에 식립된 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 조직학적 평가 ····· 40
[그림 10] SEM을 이용한 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 표면 조도 분석 ····· 41

제 1 장 서 론

티타늄 및 티타늄 합금은 생체 적합성, 내식성 및 낮은 열 전도성으로 인해 치과용 임플란트 재료로 가장 널리 사용되어 왔다 (Jorge et al. 2013; Lautenschlager and Monaghan 1993). 특히 티타늄 합금 임플란트의 경우 상대적으로 골조직과 탄성계수가 유사하고 항복강도는 높아 최대하중을 가하더라도 교합력을 견딜 수 있는 우수한 기계적 성질을 나타낸다 (Wang and Fenton 1996). 그럼에도 불구하고 일부 환자에게서만 나타나는 생체 내 금속 산화물 용출로 인한 알레르기 반응이나 (Siddiqi et al. 2011; Sicilia et al. 2008) 변연부의 금속 노출 및 치은 조직에서의 비침 현상 등의 심미성 저하 문제는 티타늄 또는 티타늄 합금 임플란트의 문제점으로 지적된다. 특히 증령(增齡)에 따라 치은 퇴축이 발생할 경우 쉬운 해결방안이 없어 이를 대체할 다른 소재로 관심을 돌리게 하였다 (Cionca et al. 2017; Wenz et al. 2008).

세라믹 재료는 에나멜과 유사한 색조 재현이 가능하여 초창기 임플란트 영역에서 상부 구조물 형태로 적용되었다 (Conrad et al. 2007; Land 1903). 그러나 파괴응력이 낮은 세라믹 재료의 특성상 파절의 위험성이 높아 (Papanagiotou et al. 2006) 이러한 취약점을 보완한 강도 높은 복합 세라믹 재료가 점차 개발되었다 (Cavalcanti et al. 2009). 이들 중 지르코니아는 심미적 우수성과 생물학적 적합성에 의해 각광을 받고 있다 (Ding et al. 2018; Cavalcanti et al. 2009). 특히 순수 지르코니아에 이트륨이나 마그네슘과 같이 이온반경이 큰 금속 안정화제를 첨가하는 경우, 파괴응력과 굴곡강도를 보강한 형태로 사용이 가능하다 (Hashim et al. 2016; Sedda et al. 2015; Manicone et al. 2007).

Y-TZP (Yttria-stabilized Tetragonal Zirconia Polycrystal)는 3~5 mol% 정도의 상대적으로 낮은 산화 이트륨(Y_2O_3)을 함유하여 부분적으로 안정화된 정방정계 구조의 지르코니아를 의미한다 (Cionca et al. 2017; Piconi and Maccauro 1999). 순수한 지르코니아와 달리 Y-TZP는 안정화제가 첨가되어 실온에서도 균열 없는 상태 유지가 가능하며, 응력

을 받더라도 단사정계로 상전이(phase transition)를 통해 결정 내의 균열 에너지 흡수 및 부피 팽창을 유발하여 파절을 방지한다 (Osman et al. 2014; Karakoca and Yilmaz 2009; Kelly and Denry 2008; Akagawa et al. 1993). 이로 인해 Y-TZP는 'ceramic steel' 이라 불릴 정도로 우수한 내마모성과 높은 강도의 기계적 특성을 가진다 (Bona et al. 2015; Ozkurt and Kazazoglu 2010). 그밖에도 높은 광 투과성 등 치과 재료로써 가지는 여러 장점으로 인해 (Ding et al. 2018) Y-TZP와 관련한 임플란트 연구는 현재 매우 활발히 진행되고 있으며 이는 CAD/CAM (Computer-aided design and computer-aided manufacturing)의 발달과 맞물려 더욱 가속화되고 있다 (Miyazaki et al. 2009; Aboushelib et al. 2008).

지르코니아는 임플란트 제작 시 주로 주조방식을 취하는 금속 제품과는 달리 소결된 지르코니아 블록을 절삭하여 가공한다 (Filser et al. 2003). 절삭공정은 정교한 과정이 요구되는데 CAD/CAM 기술의 발전에 따라 임플란트 지대주 및 고정체까지 광범위한 적용은 물론이고 기존보다 효율적이고 비교적 정확한 형상 가공이 가능해졌다 (Davidowitz and Kotick 2011; Miyazaki et al. 2009). 또한 CAD/CAM 기술은 CT 데이터와 결합한 형태로써 임플란트 식립 이전 단계에 필요한 인상 채득 후 석고 모형 없이도 환자의 구강 해부학적 구조를 3차원적으로 설계할 수 있으며, 3차원으로 재구성된 데이터는 컴퓨터 기반의 임플란트를 제작하는데 큰 역할을 한다.

일반적으로 임플란트 식립은 구강 내에 드릴링과 같은 외과적 술식을 통해 행해지므로 술자의 숙련도에 따른 편차가 존재할 수밖에 없다 (Campelo and Camara 2002). Esposito 등은 임플란트 수술 시 술자의 경험 부족으로 심한 외상(surgical trauma)을 일으키게 되면 염증반응, 연조직 생성 및 골 괴사(bone necrosis)까지도 이어질 수 있다고 기술하였다 (Esposito et al. 1998). Mishra 및 Chowdhary는 핸드피스에 의한 발생 열이 골 조직 내 분화 세포 괴사를 유도하고 임플란트의 손실을 일으킨다고 보고했다 (Mishra and Chowdhary 2014). 따라서 임플란트 식

립 전반에 이르는 과정을 최소한의 외과적 침습만으로 시술할 방안을 연구해 볼 필요가 있다.

한편, 발치 후 즉시 식립 프로토콜을 적용할 경우 임플란트 식립 시 임플란트 디자인에서 기인하는 문제점이 있다. 원통형 임플란트 고정체는 발치와(拔齒窪)의 형태와 정확하게 들어맞지 않으므로 (Pirker and Kocher 2011) 골조직 계면 사이에 간극이 형성되고, 이로 인한 미세 동요 발생으로 골유착 형성에 영향을 미칠 수 있다 (Sugiura et al. 2018). Harris 등은 개에 고관절 치환술을 적용한 전임상 연구를 통해 골과 임플란트 사이의 0.5mm의 간극에도 골유착 성공률을 떨어뜨릴 수 있음을 언급했다 (Harris et al. 1983). Carlsson 등은 토끼의 경골에 각각의 직경이 다른 임플란트를 식립했을 때 골 조직계면 사이의 간극이 좁을수록 나사선 사이 공간으로의 골유착 양상(bone ingrowth)이 더 양호한 것을 확인하였다 (Carlsson et al. 1988).

이에 본 연구는 드릴링 과정 없이 즉시 식립이 가능하고 미세 동요를 줄여 초기 안정성을 부여할 수 있는 개념을 바탕으로 (Anssari Moin et al. 2017; Pirker and Kocher 2011) 새로운 식립 방식을 적용해보았다. 1970년대 초 Hodosh 등은 개별 맞춤형 치근 재현 임플란트를 소개하였고 (Hodosh et al. 1969) 1997년 Kohal 등은 원숭이의 발치와에 치근 재현형 티타늄 임플란트를 식립한 결과 골유착이 형성됨을 보고하였다 (Kohal et al. 1997). 이후 2002년 Kohal 등이 임상에서의 높은 실패율을 발표 (Kohal et al. 2001) 한 뒤 보편적인 치료 방식으로는 자리 잡지 못하다가, 최근 CAD/CAM 기술의 발달로 (Davidowitz and Kotick 2011) 몇몇 임상연구에 적용되고 있다. Pirker 및 Kocher의 연구에서 치근 재현형 임플란트는 심미성과 기능적인 측면을 충족시켰을 뿐만 아니라 일차 안정성을 확보하여 골유착에 성공한 것으로 보고되었다 (Pirker and Kocher. 2008). 2012년 Figliuzzi의 임상연구에서 50대 여성의 상악 발치와에 치근 재현형 Ti-6Al-4V 합금 임플란트를 즉시 식립한 후 1년의 추적조사 기간에 통증이나 감염 징후가 없었고, 방사선학적 소견에서도 임플란트 주위 조직이 양호한 것으로 평가되었다 (Figliuzzi et al. 2012).

즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아는 환자의 구강 해부학적 구조를 전산화 단층 촬영(CT; Computed Tomography) 및 비침습적 이미징을 통해 분석하여 골조직, 신경 위치, 치아 간의 거리, 치주조직 등을 모두 고려한 환자에게 가장 최적화된 지르코니아 임플란트 고정체를 제작하는 형태이다. (그림 1)

본 연구의 목적은 삼차원(3D; Three dimensions) 스캔을 통해 비글견의 가상치아를 수득하여 제작한 지르코니아 임플란트 식립을 통해 맞춤형 치아 수복물의 골유착을 평가하고자 한다.

제 2 장 연구방법 및 대상

1. 동물 실험

본 연구의 모든 실험 절차는 서울대학교 동물실험 윤리위원회로부터 사전 승인된 프로토콜에 따라 수행하였다. 각각 9-12kg에 달하는 3마리의 수컷 비글견을 이용하였고 수술 전 7일간의 순응 기간을 거쳤다. 비글견은 항온 항습 시스템 (22℃±4℃, 상대습도 50-60%, 12-hour light/dark cycle)을 갖춘 서울대학교 치과대학 실험동물실의 각각의 케이지에 보관되었고 표준화된 음식 및 물을 공급받았다.

2. 마취

실험동물의 마취는 CT 촬영과 임플란트 식립 시 각각 시행되었다. 마취 유도 전 droperidol과 fentanyl을 혼합한 진통제 0.2mL/kg을 투여하였다. 마취 유도는 zolazepam 10mg/kg와 xylazine hydrochloride 0.15mL/kg의 근육주사를 통해 수행하였고, 이후 N_2O:O_2 (1:1.5~2)와 isoflurane을 이용한 흡입 진정으로 마취를 유지하였다. 마취 후 1%의 chlorhexidine digluconate 수용액으로 구강 점막 및 치아를 소독하였다.

3. CT 스캔 및 임플란트 제작

비글견의 CT 촬영을 위해 상기 기술된 마취 과정과 동일한 방법으로 마취 시행 후 혈압을 포함한 활력징후를 점검하였다. CT (QR-DVT 9000®, NewTom Dental Inc., Italy) 촬영 후 비글견의 상하악 DICOM 영상을 획득하였다. 해당 DICOM 영상은 상용소프트웨어(OnDemand 3D®, Cybermed, Korea)를 통해 하악구치부의 3차원 영상 모델을 분할(Segementation) 하였다. 정밀한 추가 작업을 진행하기 위해 분리된 구

치부 영상을 국소부위의 주관적인 측면이 최소화된 상태로 최종 편집하였다. 편집한 데이터는 3D 재구축을 통해 STL (Stereo Lithography) 형식으로 변환한 후 밀링센터(Dentime)로 전달하였다. 해당 가상 치아는 지르코니아 블록을 사용하여 치근 재현형 임플란트로 제작되었다. (그림 2, 3)

4. 임플란트 표면 분석

임플란트의 표면 형상을 관찰하기 위하여 제작된 임플란트를 백금으로 코팅하였고, 주사전자현미경(SEM; S-4700®, Tokyo, Japan)을 이용하여 각각 50배, 500배, 2000배, 10000배의 다양한 배율로 촬영하였다.

5. 임플란트 식립

CT 촬영에서 적용한 것과 동일한 방식으로 마취를 시행하였고, 추가로 1:100,000 epinephrine이 포함된 2% lidocaine을 이용하여 국소마취 하였다. 비글견의 양측 하악 소구치들을 발거하고 미리 제작된 임플란트를 해당 발치와 양쪽에 각각 7개씩 즉시 식립하였다. (그림 4, 5, 6)

6. 희생 및 표본제작

12주 차에 치유과정을 거친 후 sodium pentobarbital 100mg/kg을 과량 투여하여 희생하였다. 하악골을 절단하여 블록을 채취하고, 이를 10%의 완충 포르말린 용액에 고정했다. (그림 7)

7. micro CT 스캔

고해상도 micro CT 시스템(Skyscan® 1172, Bruker, Belgium)을 사용하여 비글견 하악 표본의 trabecular bone 구조 영상을 획득했다. (그림 8)

8. 조직학적 분석

고정한 블록에서 포름 알데히드를 물로 헹구어 내고 알코올 농도를 50%, 70%, 96%, 100%에서 순차적으로 높여 탈수하였다. 진공에서 Technovit® 7200 (Kulzer Technologies Inc., Germany) 레진에 포매하였다.

Macro cutting 및 Grinding 기술 (EXAKT 310 CP® series, EXACT Technologies Inc., USA)을 이용하여 임플란트의 중심축을 따라 apico-coronal plane을 절단하였다. 이후 박편으로 연마하였고 제작된 조직 시편을 haematoxylin과 eosin을 이용하여 염색하였다. (그림 9)

9. 통계분석

신뢰도 테스트를 위해 10개의 조직 시편을 무작위로 선택하였고, 최초 측정 후 4주 차에 다시 측정하였다. 연구자 내(Intra-Examiner) 신뢰도는 조직계측학적 평가를 위해 급내 상관계수(Intra Class Correlation)를 이용하였다. 급내 상관계수 값의 범위는 0과 1 사이로 신뢰도가 높을수록 더 높은 상관계수 값에 대응된다. 본 실험의 분석 결과는 0.89에서 0.95 범위 내로 높은 신뢰도를 나타내었다.

본 연구의 통계분석은 PASW® Statistics 18 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 처리하였다. 데이터는 평균 및 표준편차로 나타내었고, 해당 결과는 기존 문헌에서 찾은 나사산을 가진 원통형 지르코니아 임플란트의 골유착 정도와 비교하였다.

제 3 장 연구결과

비글견에 CT 촬영과 임플란트 식립을 위해 마취를 시행하였고, 이후 정상적으로 회복하였다. 치유 기간 동안 실험에 사용된 비글견 3마리 모두 건강한 상태로 생존하였다. 치유기간 중 주변 연조직에 임상적 소견상으로 감염이나 염증반응으로 보이는 증상이 관찰되지 않았다. 비글견은 임플란트 식립 3개월 후 희생하였고 조직학적 평가 및 Micro CT 분석을 수행하였다.

총 42개의 발치와 중 일곱 군데에서 다양한 원인으로 임플란트의 식립에 실패하였다. 3개월의 치유 과정 후에는 남은 35개의 임플란트 중 임상적으로 골유착에 성공한 것은 23개였으며, 나머지는 Re-entry 과정에서 탈락하거나 소실되어 발견되지 않았다. 임상적으로 골유착에 성공한 23개의 임플란트는 조직학적 시편을 만드는 과정에 의해 처리되었고, Histomorphometric analysis가 시행되었으며, 평균적인 BIC은 18.7±15.2 %로 나타났다. (표 1)

주사전자현미경으로 임플란트의 표면을 관찰한 결과 매끄러운 표면 형상을 확인할 수 있었다. 일반적인 Milling 임플란트에서 나타나는 것과 같이 표면이 균일하였다. (그림 10)

표 1. 비글견의 하악에 치근재현형 지르코니아 임플란트 식립 후 BIC 값

비글견 번호	좌우	치근 위치*	BIC (Bone to implant contact)
1	R	2d	18.54
1	R	4m	0
1	L	2m	45.77
1	L	3m	28.49
2	R	2d	23.11
2	R	3m	4.5
2	R	3d	18.27
2	R	4m	26.48
2	L	1	0
2	L	3m	39.24
2	L	3d	27.68
3	R	1	5.67
3	R	2m	33.25
3	R	2d	27.24
3	R	3m	12.15
3	R	3d	7.28
3	R	4m	43.24
3	L	1	0
3	L	2m	0
3	L	2d	8.24
3	L	3m	24.26
3	L	3d	0
3	L	4m	37.24
			평균값: 18.72 ± 15.19

제 4 장 고 찰

즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아는 제작과정에 CAD/CAM 기술을 이용하여 발치와에 정확히 들어맞는 가상 치아를 형성한다. 획득한 가상 치아 데이터를 바탕으로 실제 임플란트가 제작되면 즉시 식립하는 절차를 개념으로 포함한다. 자연치아 형태 지르코니아 임플란트는 치조골과 긴밀하게 결합하므로 임플란트의 초기 안정성 확보를 기대할 수 있다. 최근 티타늄을 재료로 한 자연치아 형태 임플란트에서 임상적으로 적정한 치유 결과를 확보하였음이 확인되었고 (Figliuzzi et al, 2012), 현재 상용 원통형 지르코니아 임플란트의 성능은 기존의 티타늄 임플란트 성능과 비교해 견줄만한 수준에 이르렀다고 보고된다. (표 2)

이에 자연치아 형태 임플란트의 골유착 형성 능력에 잠재성이 있다고 판단하였다. 또한 심미성과 기계적 특성이 우수한 지르코니아 재료를 이용해 발치와와 긴밀한 형태로 임플란트를 제작하였다. 이후 전임상 실험을 통해 드릴링 없이 즉시 식립하는 절차를 수행하여 이 프로토콜의 가능성을 평가하였다. 본 실험에서는 비글견의 하악의 소구치 부위에 자연치아 형태 지르코니아 임플란트를 식립하였다. 3마리의 수컷 비글견에 총 42개의 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아를 식립하였고 이 중 7개의 임플란트 식립에 실패했다. 이는 제작된 맞춤형 임플란트가 비글견의 발치와와 긴밀하지 않았기 때문으로 판단된다.

자연치아 형태 임플란트 제작 시 CT를 이용하여 비글견의 치아 구조를 3차원 데이터로 획득하였고, 해당 데이터에서 개별 치아의 분할(Segmentation) 작업을 수동으로 수행하였다. 그러나 치아 영역과 치아 주변부 영역의 밝기값이 유사하여 임계값 구분이 쉽지 않았을 뿐만 아니라 영상에 따라 치아 형태의 변이가 존재했다. 이 때문에 치아 구조를 본래의 형태로 재현해내는 데 한계가 있었고 일부 부정확한 임플란트가 제작되었다. 치과 영역에서 3차원 데이터로부터 치아를 분리하기 위해 기존의 여러 분할 기술(Miki et al. 2017; Mortaheb and Rezaeian 2016;

Patanachai et al. 2010)들이 연구되었지만 아직 해결해야 할 기술적 문제가 존재한다. 보다 정확한 segmentation 알고리즘 개발을 통해 3차원 영상의 재구성에 정확도를 향상시키고 제작된 임플란트 식립 시 발치와와 긴밀하게 작용하여 골유착 성공률을 높일 수 있을 것으로 보인다.

3개월의 치유과정 후 식립에 성공하였던 총 35개의 임플란트 중 23개의 임플란트에서 골유착을 확인하였고 평균적인 BIC 값은 18.7±15.2 %로 나타났다. 이는 전임상 연구 및 임상 연구에서 보고된 일반적인 상용 지르코니아 임플란트의 BIC 값과 비교했을 때 낮은 수준의 결괏값임을 알 수 있다. (표 3, 4) Koch 등의 연구에서는 one-piece 지르코니아 임플란트 식립 6개월 후 표면 BIC가 59.11±17.45%로 tight 하게 나타났다 (Koch et al. 2015). 또한 Thoma 등의 연구에서도 두 가지 다른 종류의 one-piece 지르코니아 임플란트 및 two-piece 지르코니아 임플란트 각각을 6마리의 비글견에 식립 후 BIC 값을 측정한 결과, BIC 값은 각각 84.17±25.07 (two-piece; bpisys.ceramic®, GmbH & Co. KG, Germany), 87.71±25.07 (one-piece; VITAclinical ceramic®, GmbH&Co. KG, Germany), 78.58±17.26 (one-piece; Ziraldent®, Metoxit AG, Switzerland)으로 확인되었다 (Thoma et al. 2015).

본 연구에서 자연치아 형태 지르코니아 임플란트가 기존의 상용 지르코니아 임플란트의 연구 결과와 상이하게 나타난 이유를 다음과 같이 추정해보았다. 첫째, 임플란트의 표면처리가 불충분한 점이다. 본 연구에 사용된 임플란트의 표면이 매끄럽게 제작된 점을 초기 안정성 확보의 방해요인으로 간주할 수 있다. 선행 연구들(Sennerby et al. 2005; Salem et al. 2013; Shon et al. 2015)에서 표면 조도를 향상한 임플란트는 machined 임플란트와 비교하여 초기 골유착 형성 비율이 높게 나타났던 것으로 보고되었다. 한편 Mihatovic 등은 서로 다른 표면 거칠기를 부여했을 때 표면 조도가 가장 높은 그룹에서 BIC 값이 가장 양호한 것을 확인하였다 (Mihatovic et al. 2017). 또한 Delgado-Ruiz 등은 샌드블라스트한 one-piece 지르코니아 임플란트에 microgroove 디자인까지 적용

한 경우에 샌드블라스트만 처리한 임플란트에 비교해 BIC 값이 통계적으로 유의한 수준으로 높게 나타났음을 보고하였다 (Delgado- Ruiz et al. 2014a).

골유착 결과가 양호하지 못한 또 다른 이유는 발치와 보존을 위해 소파술을 철저히 이행하지 않은 점도 의심해 볼 수 있다. 골조직이 완전히 치유되지 않은 상태에서는 골조직과 주변 연조직이 섞여 있어 치주 인대 등이 잔존할 경우 감염 및 염증의 위험이 따를 수 있다. Schwartz-Arad 등의 연구에서도 발치와가 결손이나 남아 있는 조직 없이 원래 형태를 유지할 때 90% 이상의 높은 성공률을 보였다 (Schwartz-Arad et al. 2007). 골유착의 성공을 향상하기 위해서는 잔존하는 치주 인대나 조직 등을 깔끔하게 제거하면서도 발치와의 형태에는 변화를 주지 않는 소파술의 도입이 필요하다고 생각한다.

즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아의 골유착 향상을 위해서는 상기 언급된 영상 분할 기술 및 소파술의 개선, 표면 조도 부여 등의 해결책을 적용하여 추가 연구가 더 필요할 것으로 판단된다. 또한 티타늄-지르코니아 하이브리드 소재를 적용하는 등 다양한 방식을 모색하여 치근 재현형 임플란트의 임상 적용 가능성을 높이는 것에 대해서도 고려할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서 도입하고자 하는 새로운 임플란트 시스템은 티타늄 임플란트에 수반되는 장기적 심미성 저하 문제와 함께 즉시 식립 프로토콜 적용 시 나타나는 원통형 임플란트 술식의 단점을 극복하는데 돌파구가 될 수 있다. 골 삭제 시 발생할 수 있는 위험성을 줄이고 임플란트의 기하학적 구조를 자물쇠-열쇠 모델(lock and key model)과 같이 환자 특이적으로 제작하여 보다 예측 가능한 시술 결과를 기대해볼 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. 2008. Evaluation of a high fracture toughness composite ceramic for dental applications. Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists. 17(7):538-544.

Aboushelib MN, Salem NA, Taleb AL, El Moniem NM. 2013. Influence of surface nano-roughness on osseointegration of zirconia implants in rabbit femur heads using selective infiltration etching technique. The Journal of oral implantology. 39(5):583-590.

Akagawa Y, Hosokawa R, Sato Y, Kamayama K. 1998. Comparison between freestanding and tooth-connected partially stabilized zirconia implants after two years' function in monkeys: A clinical and histologic study. The Journal of prosthetic dentistry. 80(5):551-558.

Akagawa Y, Ichikawa Y, Nikai H, Tsuru H. 1993. Interface histology of unloaded and early loaded partially stabilized zirconia endosseous implant in initial bone healing. The Journal of prosthetic dentistry. 69(6):599-604.

Aldini NN, Fini M, Giavaresi G, Martini L, Dubini B, Ponzi Bossi MG, Rustichelli F, Krajewski A, Ravaglioli A, Mazzocchi M et al. 2004. Osteointegration of bioactive glass-coated and uncoated zirconia in osteopenic bone: An in vivo experimental

study. Journal of biomedical materials research Part A. 68(2):264-272.

Anssari Moin D, Hassan B, Wismeijer D. 2017. A novel approach for custom three-dimensional printing of a zirconia root analogue implant by digital light processing. Clinical oral implants research. 28(6):668-670.

Barros Vde M, Costa NR, Martins PH, Vasconcellos WA, Discacciati JA, Moreira AN. 2015. Definitive presurgical cad/cam-guided implant-supported crown in an esthetic area. Brazilian dental journal. 26(6):695-700.

Becker J, John G, Becker K, Mainusch S, Diedrichs G, Schwarz F. 2017. Clinical performance of two-piece zirconia implants in the posterior mandible and maxilla: A prospective cohort study over 2 years. Clinical oral implants research. 28(1):29-35.

Benic GI, Thoma DS, Sanz-Martin I, Munoz F, Hammerle CHF, Cantalapiedra A, Fischer J, Jung RE. 2017. Guided bone regeneration at zirconia and titanium dental implants: A pilot histological investigation. Clinical oral implants research. 28(12):1592-1599.

Blaschke C, Volz U. 2006. Soft and hard tissue response to zirconium dioxide dental implants--a clinical study in man. Neuro endocrinology letters. 27 Suppl 1:69-72.

Bona AD, Pecho OE, Alessandretti R. 2015. Zirconia as a dental biomaterial. Materials (Basel, Switzerland). 8(8):4978-4991.

Borgonovo AE, Vavassori V, Censi R, Calvo JL, Re D. 2013a. Behavior of endosseous one-piece yttrium stabilized zirconia dental implants placed in posterior areas. Minerva stomatologica. 62(7-8):247-257.

Borgonovo AE, Censi R, Vavassori V, Dolci M, Calvo-Guirado JL, Delgado Ruiz RA, Maiorana C. 2013b. Evaluation of the success criteria for zirconia dental implants: A four-year clinical and radiological study. International journal of dentistry. 2013:463073.

Borgonovo AE, Fabbri A, Vavassori V, Censi R, Maiorana C. 2012. Multiple teeth replacement with endosseous one-piece yttrium-stabilized zirconia dental implants. Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal. 17(6):e981-987.

Bormann KH, Gellrich NC, Kniha H, Dard M, Wieland M, Gahlert M. 2012. Biomechanical evaluation of a microstructured zirconia implant by a removal torque comparison with a standard ti-sla implant. Clinical oral implants research. 23(10):1210-1216.

Brull F, van Winkelhoff AJ, Cune MS. 2014. Zirconia dental implants: A clinical, radiographic, and microbiologic evaluation up to 3 years. The International journal of oral & maxillofacial implants. 29(4):914-920.

Calvo-Guirado JL, Aguilar-Salvatierra A, Delgado-Ruiz RA, Negri B, Fernandez MP, Mate Sanchez de Val JE, Gomez-Moreno G, Romanos GE. 2015. Histological and histomorphometric evaluation of zirconia dental implants modified by femtosecond laser versus titanium implants: An experimental study in fox hound dogs. Clinical implant dentistry and related research. 17(3):525-532.

Calvo-Guirado JL, Aguilar-Salvatierra A, Gomez-Moreno G, Guardia J, Delgado-Ruiz RA, Mate-Sanchez de Val JE. 2014. Histological, radiological and histomorphometric evaluation of immediate vs. Non-immediate loading of a zirconia implant with surface treatment in a dog model. Clinical oral implants research. 25(7):826-830.

Campelo LD, Camara JR. 2002. Flapless implant surgery: A 10-year clinical retrospective analysis. The International journal of oral & maxillofacial implants. 17(2):271-276.

Cannizzaro G, Torchio C, Felice P, Leone M, Esposito M. 2010. Immediate occlusal versus non-occlusal loading of single zirconia implants. A multicentre pragmatic randomised clinical trial. European journal of oral implantology. 3(2):111-120.

Carlsson L, Rostlund T, Albrektsson B, Albrektsson T. 1988. Implant fixation improved by close fit. Cylindrical implant-bone interface studied in rabbits. Acta orthopaedica Scandinavica. 59(3):272-275.

Cavalcanti AN, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Giannini M, Marchi GM. 2009. Y-tzp ceramics: Key concepts for clinical application. Operative dentistry. 34(3):344-351.

Chappuis V, Cavusoglu Y, Gruber R, Kuchler U, Buser D, Bosshardt DD. 2016. Osseointegration of zirconia in the presence of multinucleated giant cells. Clinical implant dentistry and related research. 18(4):686-698.

Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. 2014. Flapless versus conventional flapped dental implant surgery: A meta-analysis. PloS one. 9(6):e100624.

Chung SH, Kim HK, Shon WJ, Park YS. 2013. Peri-implant bone formations around (ti,zr)o(2) -coated zirconia implants with different surface roughness. Journal of clinical periodontology. 40(4):404-411.

Cionca N, Hashim D, Cancela J, Giannopoulou C, Mombelli A. 2016. Pro-inflammatory cytokines at zirconia implants and teeth. A cross-sectional assessment. Clinical oral investigations. 20(8):2285-2291.

Cionca N, Hashim D, Mombelli A. 2017. Zirconia dental implants: Where are we now, and where are we heading? Periodontology 2000. 73(1):241-258.

Cionca N, Muller N, Mombelli A. 2015. Two-piece zirconia implants supporting all-ceramic crowns: A prospective clinical study.

Clinical oral implants research. 26(4):413-418.

Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. 2007. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. The Journal of prosthetic dentistry. 98(5):389-404.

Davidowitz G, Kotick PG. 2011. The use of cad/cam in dentistry. Dental clinics of North America. 55(3):559-570, ix.

Delgado-Ruiz RA, Calvo-Guirado JL, Abboud M, Ramirez-Fernandez MP, Mate-Sanchez de Val JE, Negri B, Rothamel D. 2014a. Histologic and histomorphometric behavior of microgrooved zirconia dental implants with immediate loading. Clinical implant dentistry and related research. 16(6):856-872.

Delgado-Ruiz RA, Markovic A, Calvo-Guirado JL, Lazic Z, Piattelli A, Boticelli D, Mate-Sanchez JE, Negri B, Ramirez-Fernandez MP, Misic T. 2014b. Implant stability and marginal bone level of microgrooved zirconia dental implants: A 3-month experimental study on dogs. Vojnosanitetski pregled. 71(5):451-461.

Depprich R, Zipprich H, Ommerborn M, Naujoks C, Wiesmann HP, Kiattavorncharoen S, Lauer HC, Meyer U, Kubler NR, Handschel J. 2008. Osseointegration of zirconia implants compared with titanium: An in vivo study. Head & face medicine. 4:30.

Ding Q, Zhang L, Bao R, Zheng G, Sun Y, Xie Q. 2018. Effects of different surface treatments on the cyclic fatigue strength of one-piece cad/cam zirconia implants. Journal of the mechanical behavior of biomedical materials. 84:249-257.

Dubruille JH, Viguier E, Le Naour G, Dubruille MT, Auriol M, Le Charpentier Y. 1999. Evaluation of combinations of titanium, zirconia, and alumina implants with 2 bone fillers in the dog. The International journal of oral & maxillofacial implants. 14(2):271-277.

Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. 1998. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (ii). Etiopathogenesis. European journal of oral sciences. 106(3):721-764.

Ferguson SJ, Langhoff JD, Voelter K, von Rechenberg B, Scharnweber D, Bierbaum S, Schnabelrauch M, Kautz AR, Frauchiger VM, Mueller TL et al. 2008. Biomechanical comparison of different surface modifications for dental implants. The International journal of oral & maxillofacial implants. 23(6):1037-1046.

Figliuzzi M, Mangano F, Mangano C. 2012. A novel root analogue dental implant using ct scan and cad/cam: Selective laser melting technology. International journal of oral and maxillofacial surgery. 41(7):858-862.

Filser F, Kocher P, Gauckler L. 2003. Net-shaping of ceramic components by direct ceramic machining. Assembly automation. 23(4):382-390.

Gahlert M, Burtscher D, Pfundstein G, Grunert I, Kniha H, Roehling S. 2013. Dental zirconia implants up to three years in function: A retrospective clinical study and evaluation of prosthetic restorations and failures. The International journal of oral & maxillofacial implants. 28(3):896-904.

Gahlert M, Gudehus T, Eichhorn S, Steinhauser E, Kniha H, Erhardt W. 2007. Biomechanical and histomorphometric comparison between zirconia implants with varying surface textures and a titanium implant in the maxilla of miniature pigs. Clinical oral implants research. 18(5):662-668.

Gahlert M, Kniha H, Weingart D, Schild S, Gellrich NC, Bormann KH. 2016. A prospective clinical study to evaluate the performance of zirconium dioxide dental implants in single-tooth gaps. Clinical oral implants research. 27(12):e176-e184.

Gahlert M, Roehling S, Sprecher CM, Kniha H, Milz S, Bormann K. 2012. In vivo performance of zirconia and titanium implants: A histomorphometric study in mini pig maxillae. Clinical oral implants research. 23(3):281-286.

Gahlert M, Rohling S, Wieland M, Eichhorn S, Kuchenhoff H, Kniha H. 2010. A comparison study of the osseointegration of

zirconia and titanium dental implants. A biomechanical evaluation in the maxilla of pigs. Clinical implant dentistry and related research. 12(4):297-305.

Gahlert M, Rohling S, Wieland M, Sprecher CM, Kniha H, Milz S. 2009. Osseointegration of zirconia and titanium dental implants: A histological and histomorphometrical study in the maxilla of pigs. Clinical oral implants research. 20(11):1247-1253.

Grassi FR, Capogreco M, Consonni D, Bilardi G, Buti J, Kalemaj Z. 2015. Immediate occlusal loading of one-piece zirconia implants: Five-year radiographic and clinical evaluation. The International journal of oral & maxillofacial implants. 30(3):671-680.

Gredes T, Kubasiewicz-Ross P, Gedrange T, Dominiak M, Kunert-Keil C. 2014. Comparison of surface modified zirconia implants with commercially available zirconium and titanium implants: A histological study in pigs. Implant dentistry. 23(4):502-507.

Han JM, Hong G, Lin H, Shimizu Y, Wu Y, Zheng G, Zhang H, Sasaki K. 2016. Biomechanical and histological evaluation of the osseointegration capacity of two types of zirconia implant. International journal of nanomedicine. 11:6507-6516.

Harris WH, White RE, Jr., McCarthy JC, Walker PS, Weinberg EH. 1983. Bony ingrowth fixation of the acetabular component in canine hip joint arthroplasty. Clinical orthopaedics and related

research. (176):7-11.

Hashim D, Cionca N, Courvoisier DS, Mombelli A. 2016. A systematic review of the clinical survival of zirconia implants. Clinical oral investigations. 20(7):1403-1417.

Hodosh M, Povar M, Shklar G. 1969. The dental polymer implant concept. The Journal of prosthetic dentistry. 22(3):371-380.

Hoffmann O, Angelov N, Gallez F, Jung RE, Weber FE. 2008. The zirconia implant-bone interface: A preliminary histologic evaluation in rabbits. The International journal of oral & maxillofacial implants. 23(4):691-695.

Hoffmann O, Angelov N, Zafiropoulos GG, Andreana S. 2012. Osseointegration of zirconia implants with different surface characteristics: An evaluation in rabbits. The International journal of oral & maxillofacial implants. 27(2):352-358.

Holländer J, Lorenz J, Stübinger S, Hölscher W, Heidemann D, Ghanaati S, Sader R. 2016. Zirconia dental implants: Investigation of clinical parameters, patient satisfaction, and microbial contamination. International Journal of Oral & Maxillofacial Implants. 31(4):855-864.

Igarashi K, Nakahara K, Haga-Tsujimura M, Kobayashi E, Watanabe F. 2015. Hard and soft tissue responses to three different implant materials in a dog model. Dental materials journal. 34(5):692-701.

Inbarajan A, Banu F, Tv P, Kumar A, Seenivasan M. 2017. Pre-surgical provisional prosthesis for immediate non-occlusal-loaded flapless implant. Cureus. 9(6):e1345.

Jorge JR, Barao VA, Delben JA, Faverani LP, Queiroz TP, Assuncao WG. 2013. Titanium in dentistry: Historical development, state of the art and future perspectives. Journal of Indian Prosthodontic Society. 13(2):71-77.

Jung RE, Grohmann P, Sailer I, Steinhart YN, Feher A, Hammerle C, Strub JR, Kohal R. 2016. Evaluation of a one-piece ceramic implant used for single-tooth replacement and three-unit fixed partial dentures: A prospective cohort clinical trial. Clinical oral implants research. 27(7):751-761.

Karakoca S, Yilmaz H. 2009. Influence of surface treatments on surface roughness, phase transformation, and biaxial flexural strength of y-tzp ceramics. Journal of biomedical materials research Part B, Applied biomaterials. 91(2):930-937.

Kelly JR, Denry I. 2008. Stabilized zirconia as a structural ceramic: An overview. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 24(3):289-298.

Kim HK, Woo KM, Shon WJ, Ahn JS, Cha S, Park YS. 2015. Comparison of peri-implant bone formation around injection-molded and machined surface zirconia implants in rabbit tibiae. Dental materials journal. 34(4):508-515.

Koch FP, Weng D, Kramer S, Biesterfeld S, Jahn-Eimermacher A, Wagner W. 2010. Osseointegration of one-piece zirconia implants compared with a titanium implant of identical design: A histomorphometric study in the dog. Clinical oral implants research. 21(3):350-356.

Kohal RJ, Bachle M, Renz A, Butz F. 2016. Evaluation of alumina toughened zirconia implants with a sintered, moderately rough surface: An experiment in the rat. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 32(1):65-72.

Kohal RJ, Hurzeler MB, Mota LF, Klaus G, Caffesse RG, Strub JR. 1997. Custom-made root analogue titanium implants placed into extraction sockets. An experimental study in monkeys. Clinical oral implants research. 8(5):386-392.

Kohal RJ, Klaus G, Strub JR. 2001. Clinical investigation of a new dental immediate implant system. The reimplant-system.

Kohal RJ, Knauf M, Larsson B, Sahlin H, Butz F. 2012. One-piece zirconia oral implants: One-year results from a prospective cohort study. 1. Single tooth replacement. Journal of clinical periodontology. 39(6):590-597.

Kohal RJ, Patzelt SB, Butz F, Sahlin H. 2013. One-piece zirconia oral implants: One-year results from a prospective case series. 2. Three-unit fixed dental prosthesis (fdp) reconstruction. Journal of clinical periodontology. 40(5):553-562.

Kohal RJ, Weng D, Bachle M, Strub JR. 2004. Loaded custom-made zirconia and titanium implants show similar osseointegration: An animal experiment. Journal of periodontology. 75(9):1262-1268.

Kohal RJ, Wolkewitz M, Hinze M, Han JS, Bachle M, Butz F. 2009. Biomechanical and histological behavior of zirconia implants: An experiment in the rat. Clinical oral implants research. 20(4):333-339.

Land CH. 1903. Porcelain dental art: No. Ii. Dental Cosmos. 45 (8):615-620.

Langhoff JD, Voelter K, Scharnweber D, Schnabelrauch M, Schlottig F, Hefti T, Kalchofner K, Nuss K, von Rechenberg B. 2008. Comparison of chemically and pharmaceutically modified titanium and zirconia implant surfaces in dentistry: A study in sheep. International journal of oral and maxillofacial surgery. 37(12):1125-1132.

Lautenschlager EP, Monaghan P. 1993. Titanium and titanium alloys as dental materials. International dental journal. 43(3):245-253.

Lee BC, Yeo IS, Kim DJ, Lee JB, Kim SH, Han JS. 2013. Bone formation around zirconia implants combined with rhbmp-2 gel in the canine mandible. Clinical oral implants research. 24(12):1332-1338.

Lee J, Sieweke JH, Rodriguez NA, Schupbach P, Lindstrom H, Susin

C, Wikesjo UM. 2009. Evaluation of nano-technology-modified zirconia oral implants: A study in rabbits. Journal of clinical periodontology. 36(7):610-617.

Linares A, Grize L, Munoz F, Pippenger BE, Dard M, Domken O, Blanco-Carrion J. 2016. Histological assessment of hard and soft tissues surrounding a novel ceramic implant: A pilot study in the minipig. Journal of clinical periodontology. 43(6):538-546.

Maccauro G, Cittadini A, Magnani G, Sangiorgi S, Muratori F, Manicone PF, Rossi Iommetti P, Marotta D, Chierichini A, Raffaelli L et al. 2010. In vivo characterization of zirconia toughened alumina material: A comparative animal study. International journal of immunopathology and pharmacology. 23(3):841-846.

Manicone PF, Rossi Iommetti P, Raffaelli L. 2007. An overview of zirconia ceramics: Basic properties and clinical applications. Journal of dentistry. 35(11):819-826.

Mellinghoff J. 2006. Erste klinische ergebnisse zu dentalen schraubenimplantaten aus zirkonoxid. Z Zahnärztl Impl. 22(4):288-293.

Mihatovic I, Golubovic V, Becker J, Schwarz F. 2017. Bone tissue response to experimental zirconia implants. Clinical oral investigations. 21(2):523-532.

Miki Y, Muramatsu C, Hayashi T, Zhou X, Hara T, Katsumata A, Fujita H. 2017. Classification of teeth in cone-beam ct using

deep convolutional neural network. Computers in biology and medicine. 80:24-29.

Mishra SK, Chowdhary R. 2014. Heat generated by dental implant drills during osteotomy-a review: Heat generated by dental implant drills. Journal of Indian Prosthodontic Society. 14(2):131-143.

Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. 2009. A review of dental cad/cam: Current status and future perspectives from 20 years of experience. Dental materials journal. 28(1):44-56.

Moller B, Terheyden H, Acil Y, Purcz NM, Hertrampf K, Tabakov A, Behrens E, Wiltfang J. 2012. A comparison of biocompatibility and osseointegration of ceramic and titanium implants: An in vivo and in vitro study. International journal of oral and maxillofacial surgery. 41(5):638-645.

Montero J, Bravo M, Guadilla Y, Portillo M, Blanco L, Rojo R, Rosales-Leal JI, Lopez-Valverde A. 2015. Comparison of clinical and histologic outcomes of zirconia versus titanium implants placed in fresh sockets: A 5-month study in beagles. The International journal of oral & maxillofacial implants.

Mortaheb P, Rezaeian M. 2016. Metal artifact reduction and segmentation of dental computerized tomography images using least square support vector machine and mean shift algorithm. Journal of medical signals and sensors. 6(1):1-11.

Nickenig HJ, Eitner S, Rothamel D, Wichmann M, Zoller JE. 2012. Possibilities and limitations of implant placement by virtual planning data and surgical guide templates. International journal of computerized dentistry. 15(1):9-21.

Oh GJ, Ban JS, Lim HP, Yun KD, Lee KM, Vang MS, Yang HS, Kang SS, Shin JH, Kim GH et al. 2015. Analysis of removal torque of injection molded zirconia implants; an experimental study on beagles. Journal of nanoscience and nanotechnology. 15(1):339-341.

Oliva J, Oliva X, Oliva JD. 2010. Five-year success rate of 831 consecutively placed zirconia dental implants in humans: A comparison of three different rough surfaces. The International journal of oral & maxillofacial implants. 25(2):336-344.

Osman RB, Swain MV, Atieh M, Ma S, Duncan W. 2014. Ceramic implants (y-tzp): Are they a viable alternative to titanium implants for the support of overdentures? A randomized clinical trial. Clinical oral implants research. 25(12):1366-1377.

Ozkurt Z, Kazazoglu E. 2010. Clinical success of zirconia in dental applications. Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists. 19(1):64-68.

Papanagiotou HP, Morgano SM, Giordano RA, Pober R. 2006. In vitro evaluation of low-temperature aging effects and finishing procedures on the flexural strength and structural stability of y-tzp dental ceramics. The Journal of prosthetic dentistry.

96(3):154-164.

Park YS, Chung SH, Shon WJ. 2013. Peri-implant bone formation and surface characteristics of rough surface zirconia implants manufactured by powder injection molding technique in rabbit tibiae. Clinical oral implants research. 24(5):586-591.

Patanachai N, Covavisaruch N, Sinthanayothin C. Wavelet transformation for dental x-ray radiographs segmentation technique. 2010 Eighth International Conference on ICT and Knowledge Engineering; 24-25 Nov. 2010 2010.

Payer M, Arnetzl V, Kirmeier R, Koller M, Arnetzl G, Jakse N. 2013. Immediate provisional restoration of single-piece zirconia implants: A prospective case series - results after 24 months of clinical function. Clinical oral implants research. 24(5):569-575.

Payer M, Heschl A, Koller M, Arnetzl G, Lorenzoni M, Jakse N. 2015. All-ceramic restoration of zirconia two-piece implants--a randomized controlled clinical trial. Clinical oral implants research. 26(4):371-376.

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

Pirker W, Kocher A. 2009. Immediate, non-submerged, root-analogue zirconia implants placed into single-rooted extraction sockets: 2-year follow-up of a clinical study. International journal of oral and maxillofacial surgery. 38(11):1127-1132.

Pirker W, Kocher A. 2011. Root analog zirconia implants: True anatomical design for molar replacement--a case report. The International journal of periodontics & restorative dentistry. 31(6):663-668.

Ramasamy M, Giri, Raja R, Subramonian, Karthik, Narendrakumar R. 2013. Implant surgical guides: From the past to the present. Journal of pharmacy & bioallied sciences. 5(Suppl 1):S98-s102.

Rocchietta I, Fontana F, Addis A, Schupbach P, Simion M. 2009. Surface-modified zirconia implants: Tissue response in rabbits. Clinical oral implants research. 20(8):844-850.

Roehling S, Woelfler H, Hicklin S, Kniha H, Gahlert M. 2016. A retrospective clinical study with regard to survival and success rates of zirconia implants up to and after 7 years of loading. Clinical implant dentistry and related research. 18(3):545-558.

Salem NA, Abo Taleb AL, Aboushelib MN. 2013. Biomechanical and histomorphometric evaluation of osseointegration of fusion-sputtered zirconia implants. Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists. 22(4):261-267.

Scarano A, Di Carlo F, Quaranta M, Piattelli A. 2003. Bone response to zirconia ceramic implants: An experimental study in rabbits. The Journal of oral implantology. 29(1):8-12.

Schierano G, Mussano F, Faga MG, Menicucci G, Manzella C, Sabione C, Genova T, von Degerfeld MM, Peirone B, Cassenti A et al. 2015. An alumina toughened zirconia composite for dental implant application: In vivo animal results. BioMed research international. 2015:157360.

Schliephake H, Hefti T, Schlottig F, Gedet P, Staedt H. 2010. Mechanical anchorage and peri-implant bone formation of surface-modified zirconia in minipigs. Journal of clinical periodontology. 37(9):818-828.

Schultze-Mosgau S, Schliephake H, Radespiel-Troger M, Neukam FW. 2000. Osseointegration of endodontic endosseous cones: Zirconium oxide vs titanium. Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics. 89(1):91-98.

Schwartz-Arad D, Laviv A, Levin L. 2007. Survival of immediately provisionalized dental implants placed immediately into fresh extraction sockets. Journal of periodontology. 78(2):219-223.

Sedda M, Vichi A, Carrabba M, Capperucci A, Louca C, Ferrari M. 2015. Influence of coloring procedure on flexural resistance of zirconia blocks. The Journal of prosthetic dentistry. 114(1):98-102.

Sennerby L, Dasmah A, Larsson B, Iverhed M. 2005. Bone tissue responses to surface-modified zirconia implants: A histomorphometric and removal torque study in the rabbit. Clinical implant dentistry and related research. 7 Suppl 1:S13-20.

Shi JY, Xu FY, Zhuang LF, Gu YX, Qiao SC, Lai HC. 2018. Long-term outcomes of narrow diameter implants in posterior jaws: A retrospective study with at least 8-year follow-up. Clinical oral implants research. 29(1):76-81.

Shin D, Blanchard SB, Ito M, Chu TM. 2011. Peripheral quantitative computer tomographic, histomorphometric, and removal torque analyses of two different non-coated implants in a rabbit model. Clinical oral implants research. 22(3):242-250.

Shon WJ, Chung SH, Kim HK, Han GJ, Cho BH, Park YS. 2014. Peri-implant bone formation of non-thermal atmospheric pressure plasma-treated zirconia implants with different surface roughness in rabbit tibiae. Clinical oral implants research. 25(5):573-579.

Shon WJ, Woo KM, Kim HK, Kwon HB, Shin SY, Park YS. 2015. Time-dependent periimplant bone reaction of acidic monomer-treated injection molded zirconia implants in rabbit tibiae. Implant dentistry. 24(3):287-293.

Sicilia A, Cuesta S, Coma G, Arregui I, Guisasola C, Ruiz E, Maestro A. 2008. Titanium allergy in dental implant patients: A clinical study on 1500 consecutive patients. Clinical oral implants research. 19(8):823-835.

Siddiqi A, Duncan WJ, De Silva RK, Zafar S. 2016. One-piece zirconia ceramic versus titanium implants in the jaw and femur of a sheep model: A pilot study. BioMed research

international. 2016:6792972.

Siddiqi A, Kieser JA, De Silva RK, Thomson WM, Duncan WJ. 2015. Soft and hard tissue response to zirconia versus titanium one-piece implants placed in alveolar and palatal sites: A randomized control trial. Clinical implant dentistry and related research. 17(3):483-496.

Siddiqi A, Payne AGT, De Silva RK, Duncan WJ. 2011. Titanium allergy: Could it affect dental implant integration? Clinical oral implants research. 22(7):673-680.

Sollazzo V, Pezzetti F, Scarano A, Piattelli A, Bignozzi CA, Massari L, Brunelli G, Carinci F. 2008. Zirconium oxide coating improves implant osseointegration in vivo. Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials. 24(3):357-361.

Spies BC, Balmer M, Patzelt SB, Vach K, Kohal RJ. 2015. Clinical and patient-reported outcomes of a zirconia oral implant: Three-year results of a prospective cohort investigation. Journal of dental research. 94(10):1385-1391.

Spies BC, Sperlich M, Fleiner J, Stampf S, Kohal RJ. 2016. Alumina reinforced zirconia implants: 1-year results from a prospective cohort investigation. Clinical oral implants research. 27(4):481-490.

Stadlinger B, Hennig M, Eckelt U, Kuhlisch E, Mai R. 2010. Comparison of zirconia and titanium implants after a short

healing period. A pilot study in minipigs. International journal of oral and maxillofacial surgery. 39(6):585-592.

Sun M, Gu F, Wang J, Zhou C, Xia J, Qin H, Yang J. 2015. Measurement for natural dental neck data of normal adults and its clinical significance on guiding implant restoration. International journal of clinical and experimental medicine. 8(9):14732-14740.

Tahmaseb A, De Clerck R, Wismeijer D. 2009. Computer-guided implant placement: 3d planning software, fixed intraoral reference points, and cad/cam technology. A case report. The International journal of oral & maxillofacial implants. 24(3):541-546.

Taniguchi Y, Kakura K, Yamamoto K, Kido H, Yamazaki J. 2016. Accelerated osteogenic differentiation and bone formation on zirconia with surface grooves created with fiber laser irradiation. Clinical implant dentistry and related research. 18(5):883-894.

Thoma DS, Benic GI, Munoz F, Kohal R, Sanz Martin I, Cantalapiedra AG, Hammerle CH, Jung RE. 2015. Histological analysis of loaded zirconia and titanium dental implants: An experimental study in the dog mandible. Journal of clinical periodontology. 42(10):967-975.

Wang RR, Fenton A. 1996. Titanium for prosthodontic applications: A review of the literature. Quintessence international (Berlin, Germany : 1985). 27(6):401-408.

Wenz HJ, Bartsch J, Wolfart S, Kern M. 2008. Osseointegration and clinical success of zirconia dental implants: A systematic review. The International journal of prosthodontics. 21(1):27-36.

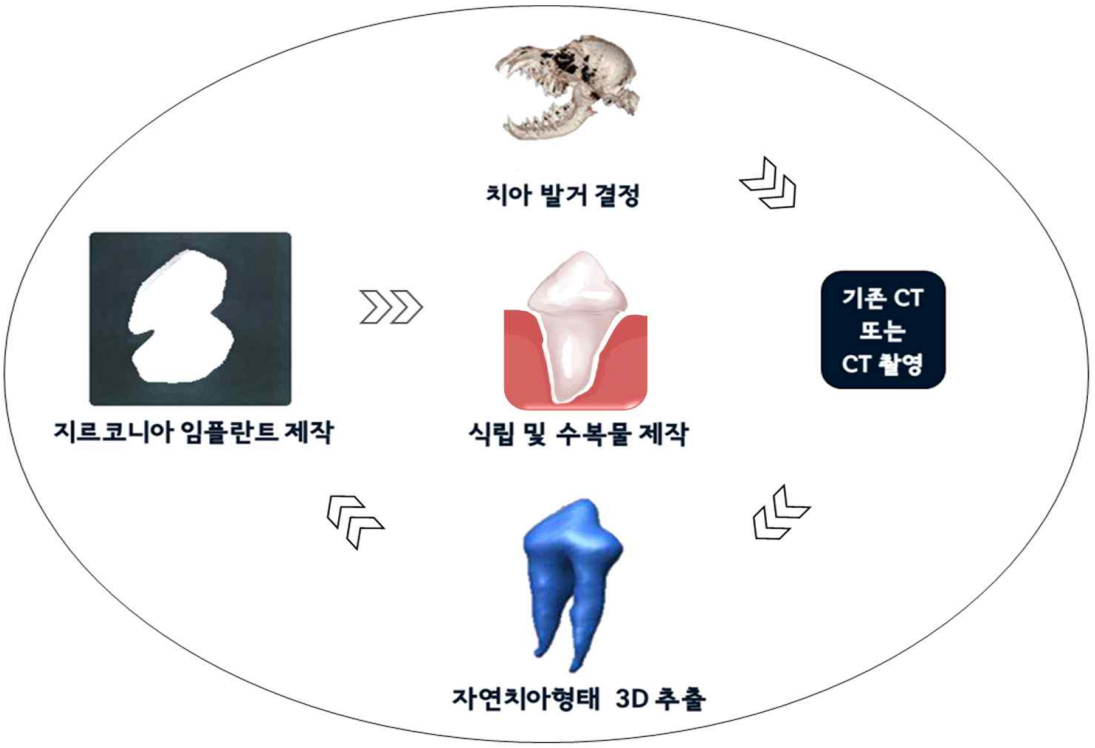

그림 1. 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 개념

그림 2. 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 가상모형

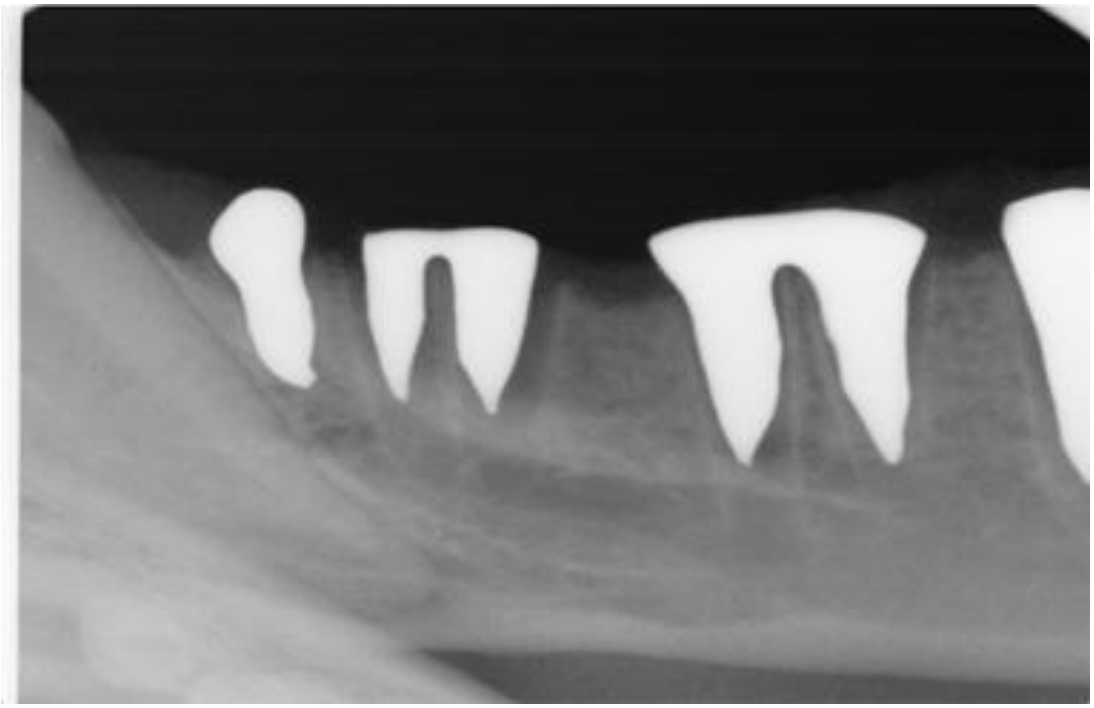

그림 3. 비글견 하악의 CT 촬영

그림 4. 비글견의 발거한 치아

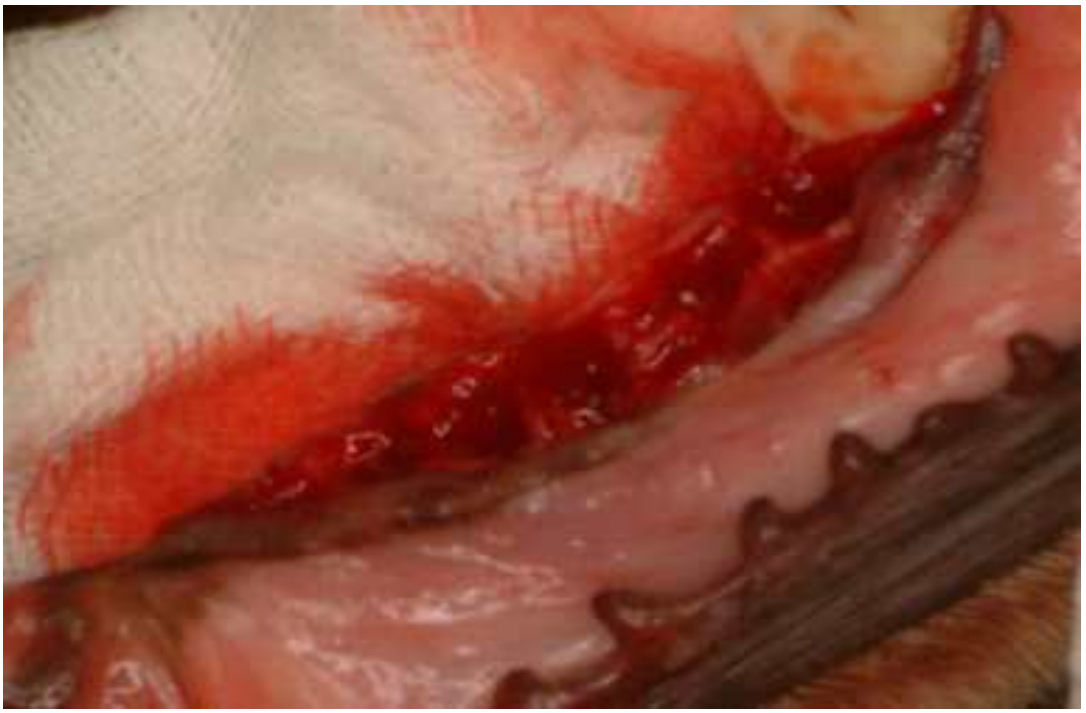

그림 5. 비글견의 소구치 발치 후 치조와 모습

그림 6. 비글견의 발치와에 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트를 식립한 모습

그림 7. 안락사 후 조직 시편 제작을 위해 적출된 비글견의 하악

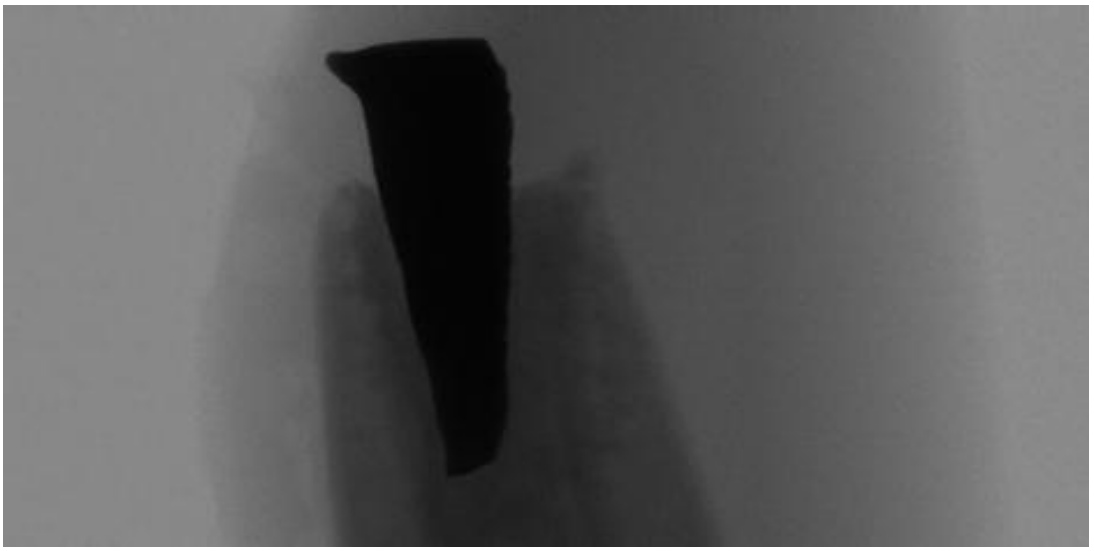

그림 8. 비글견에 식립된 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 micro CT 촬영 이미지

그림 9. 비글견의 하악에 식립된 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 조직학적 평가

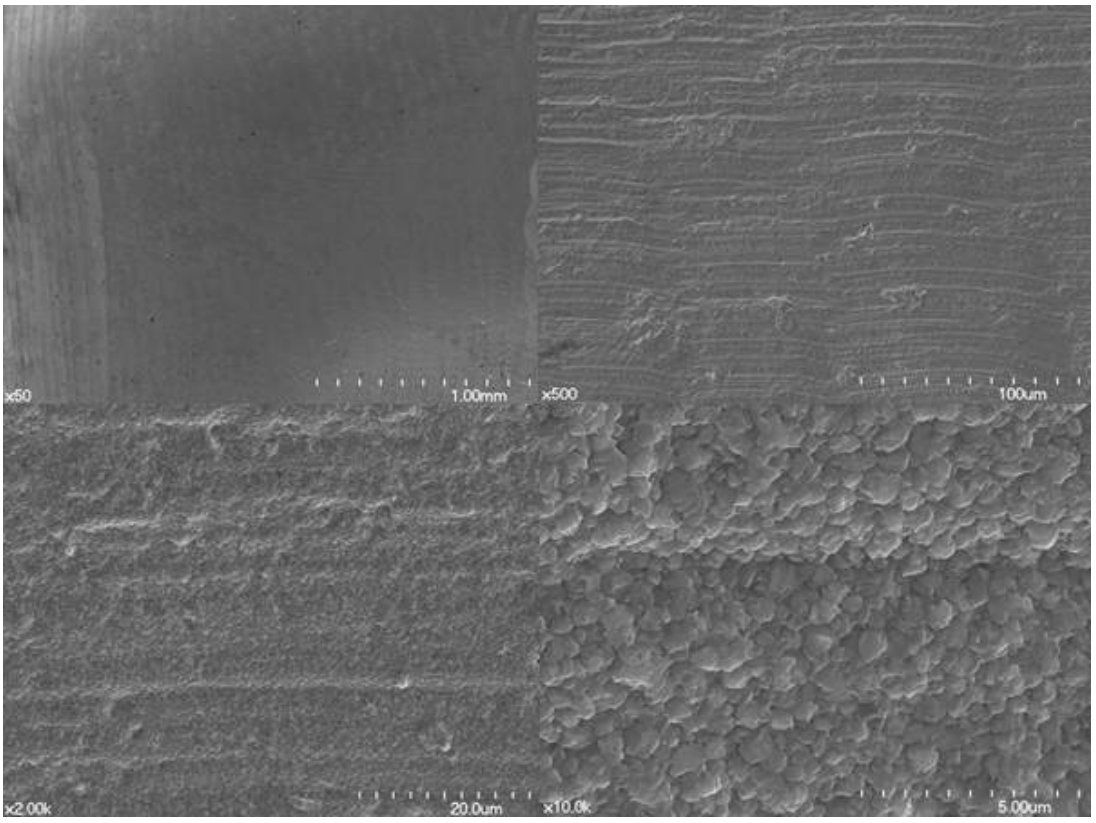

그림 10. SEM을 이용한 즉시 식립형 자연치아 형태 지르코니아 임플란트의 표면 조도 분석

표 2 지르코니아 임플란트에 대한 임상 시험 중 조직학적 평가

저자 연도	피험자수	임플란트수	형태 분류	모델명	추적기간 (mon)	MBL (mm)	PI	PPD	Survival rate (%)	BIC
Kohal, RJ. et al.(2016)	21	29	One-piece	ZiUnite	47.7	4.8	N/A	N/A	N/A	76.5
Schepke U et al.(2017)	1	1	Two-piece	ZV3	24	N/A	N/A	N/A	N/A	55.8

표 3 지르코니아 임플란트에 대한 주요 임상 시험 평가지표 및 결과

저자	피험자수	임플란트수	형태분류	모델명	추적기간(mon)	MBL (mm)	PI	PPD	Survival rate (%)
Becker J et al.(2017)	48	48	Two-piece	ZV3	24	N/A	0.34	3.1	95.8
Gahlert M et al.(2016)	44	44	One-piece	PURE Ceramic	12	1.02	N/A	N/A	97.6
Holländer J et al. (2016)	38	106	One-piece	Z-Lock 3	9	N/A	19.79	2.49	100
Jung, RE. et al.(2016)	60	71	One-piece	ceramic. implant	12	0.78	N/A	3.5	98.3
Kohal, RJ. et al.(2016)	21	29	One-piece	ZiUnite	47.7	4.8	N/A	N/A	N/A
Roehling S et al.(2016)	71	161	One-piece	Z-Lock 3	84	0.97	0.23	2.8	77.3
Spies BC et al.(2016)	27	27	One-piece	Ziraldent	12	0.77	0.24	2.94	88.9
Cionca N et al.(2016)	36	36	Two-piece	ZERAMEX	26.5	N/A	0.25	3.41	N/A
Grassi FR et al.(2015)	17	32	One-piece	White-SKY	60	1.23	0.4	2.2	96.8
Spies BC et al.(2015)	40	53	One-piece	Ziraldent	36	Total (0.79) SC group (0.47) FDP group (1.07)	< 0.5	3.25	94.2
Siddiqi A et al.(2015)	12	Total (80) Alveolar group (68) Palatal group (12)	One-piece	Southern implants	12	N/A	0.25	2.23	Palatal group (50)
Payer, M. et al.(2015)	22	Total (31) Zr group (16)	Two-piece	Ziterion	24	1.48	N/A	N/A	Zr group (93.3)
Cionca N et al.(2015)	32	49	Two-piece	ZERAMEX	12	N/A	N/A	3.2	87

Osman, RB. et al. (2014)	12	73	One-piece	Southern implants	12	0.42	N/A	N/A	71.2
Brüll F et al. (2014)	74	121	One-piece + Two piece	Custom-made	18	0.1	N/A	1.8	96.5
Borgonovo, A et al. (2013)	6	14	One-piece	White-SKY	48	0.665	0.29	3.13	100
Borgonovo, AE. et al. (2013)	13	35	One-piece	White-SKY	48	1.631	0	3.19	100
Gahlert M et al.(2013)	79	170	One-piece	Z-Lock 3	36	N/A	N/A	<2.8	82.4
Kohal, RJ. et al.(2013)	28	56	One-piece	ZiUnite	12	1.95	0.09	2.65	98.2
Payer, M. et al.(2013)	20	20	One-piece	White-SKY	24	1.29	N/A	N/A	95
Borgonovo, AE. et al. (2012)	8	29	One-piece	White-SKY	48	1.208	N / A	N/A	100
Kohal, RJ. et al.(2012)	65	66	One-piece	ZiUnite	12	1.31	0.11	2.34	95.4
Oliva J et al. (2010)	378	831	One-piece	Ceraroot	60	N/A	N/A	N/A	Reported success rate (94.9)
Cannizzaro G et al. (2010)	40	Total (40) Occlusal group (20) Non-occlusal group (20)	One-piece	Z-Lock 3	12	Occlusal group (0.9) Non-occlusal group(0.7)	N/A	N/A	Total (87.5) Occlusal group (85) Non-occlusal group (90)
Pirker W, Kocher A. (2009)	18	Total (18) Group A (6) Group B (12)	One-piece	Custom-made	24	N/A	N/A	N/A	Group A (0 within 2mon) Group B (92)
Blaschke C, Volz U. (2006)	34	66	One-piece	Z-Lock 3	24	N/A	N/A	N/A	98
Mellinghoff et al.(2006)	71	189	One-piece	ZSystems AG	12	N/A	N/A	N/A	93

표 4 지르코니아 임플란트에 대한 주요 전임상 시험 평가지표 및 결과

저자	동물종	동물수	임플란트수	형태분류	모델명 및 제조사	추적기간(mon)	BIC(%)	BVD(%)	Removal Torque (N/cm)
Siddiqi A et al.(2016)	Sheep	10	20(10/10)	One-piece	Southern Implants	3	Mandible Zr (72.2) Ti (60.2)	N/A	N/A
Langhoff JD et al. (2008)	Sheep	-	-	One-piece	-	2	70-75	N/A	N/A
Ferguson SJ et al. (2008)	Sheep	18	108	One-piece	Thommen Medical	2	N/A	N/A	Zr (100.5) Ti (188.4) Ti-CaP (168.3) Ti-APC(91.9) Ti-Bis(183.5) Ti-col(159.3)
Kohal et al. (2016)	Rat	28	28	One-piece	Zircapore	1	Zr (41) Ti (75)	N/A	N/A
Taniguchi Y et al. (2016)	Rat	16	32	One-piece	DR. CIP-M	1	Bone marrow S-Zr (61.3) R-Zr (66.6) Cortical bone S-Zr (39.8) R-Zr (81.9)	N/A	S-Zr (3.52) R-Zr (9.92)
Han JM et al. (2016)	Rat	10	-	One-piece (diameter 1mm ,length 2mm)	Panasonic Healthcare	2	BM 3Y-TZP (47.88) NanoZr (56.81) Cortical 3Y-TZP (79.91) NanoZr (78.97)	N/A	N/A
Kohal RJ et al (2009)	Rat	28	42	One-piece	Metoxit	1	Ti (39.4) Ti+anod(55.2)	N/A	N/A

							Zr(46.6) Zr+coating (59.4)		
Aldini NN et al.(2004)	Rat	10	20	One-piece	Custom-made	2	N/A	YSTZ (65.51) RKKP-YSTZ (60.52)	N/A
Kim et al. (2015)	Rabbit	16	64	One-piece	Dentime Cetatech	1	Milled group (32.15) PIM group (58.38)	N/A	Milled group (19.44) PIM group (57.63)
Shon et al. (2015)	Rabbit	28	112	One-piece	-	1	Zr+MDP (61.42) Zr (55.76)	N/A	Zr+MDP (54.51) Zr (55.07)
Shon et al. (2014)	Rabbit	25	100	One-piece	Cetatech	1	Rough group (56.93) Untreated group (58.26) R+plasma group (72.27) Un+plasma group (70.87)	Rough group (43.51) Untreated group (42.75) R+plasma group (55.31) Un+plasma group (53.25)	Rough group (59.21) Untreated group (39.70) R+plasma group (60.98) Un+plasma group (46.75)
Park et al. (2013)	Rabbit	20	54	One-piece	Cetatech	1	Etching group (64.42) Untreated group (61.63)	N/A	Etching group (64.35) Untreated group (44.27)
Chung et al. (2013)	Rabbit	25	50	One-piece	Cetatech	1	Rough group (61.52) Untreated group (59.59)	N/A	Rough group (64.99) Untreated group (45.63)
Aboushelib MN et al. (2013)	Rabbit	40	60	One-piece	Toso	1.5	Zr+SIE (75.01) Zr+sintering (62.14) Ti(68.31)	OT Zr+SIE (52) Zr+sintering (48) Ti(49) WT Zr+SIE (54) Zr+sintering (41.8) Ti(41)	N/A

Salem NA et al. (2013)	Rabbit	30	FS-Zr (30) Zr (30)	One-piece	Custom-made	3	FS-Zr (89.09) Zr (74.76) Ti (86.77)	OT FS-Zr (69.4) Zr (62.8) Ti (67.2) WT FS-Zr (65.2) Zr (60.4) Ti (64)	FS-Zr (78.7) Zr (63.64) Ti (74.96)
Hoffmann et al. (2012)	Rabbit	48	96	One-piece	Z-Systems	3	Laser group (43.87) Sintered group (33.75) Blasting group (41.35) Ti (34.82)	N/A	Laser group (39.708) Sintered group (40.591) Blasting group (28.727) Ti (51.909)
Shin et al. (2011)	Rabbit	5	20(10/10)	One-piece	Shinoji	1	Zr (26) Ti (35.8)	Zr (71.4) Ti (82.9)	Zr (18.2) Ti (10.9)
Maccauro G et al. (2010)	Rabbit	48	-	One-piece	ENEA	12	Zr (67.3) ZTA (69.5) Alu (69.3)	N/A	N/A
Lee J et al. (2009)	Rabbit	40	80	One-piece	ZiUnite	1.5	Zr (69.7) Zr+A (68.6) Zr+C (64.5) Ti (67.1)	OT(outside) Zr (51.2) Zr+A (51.8) Zr+C (49.7) Ti (53.7) WT Zr (47.4) Zr+A (15.4) Zr+C (39.4) Ti (48.7)	
Rocchiettal et al. (2009)	Rabbit	16	110	One-piece	ZiUnite	1	Femur+Tibia Zr (27.5) Zr+promimic (42.5) Zr+CoAT	N/A	Femur+Tibia Zr (28.9) Zr+promimic (35) Zr+CoAT (36.8)

							(36.1) Ti (58.3)		
Hoffmann et al.(2008)	Rabbit	2	4	One-piece	Z-Look 3	1	71.5	N/A	N/A
Sollazzo V et al.(2008)	Rabbit	4	16	One-piece	Sweden and Martina	1	Ti (31.8) Zr (43.8)	N/A	N/A
Sennerby et al.(2005)	Rabbit	12	96	One-piece	N/A	1.5	Zr-ctr (46) Zr-A (60) Zr-B (70) Ti (68)	N/A	Zr-ctr (15) Zr-A (70-80) Zr-B (70-80) Ti (56-60)
Scarano et al.(2003)	Rabbit	5	20	One-piece	Norton Desmarquest	N/A	68.4	N/A	N/A
Chappuis V et al. (2016)	Pig	7	42	One-piece	Zerafil	2	TBIC Ti(79.86) TZP(60.88) ATZ(57.04) NBIC Ti(67.71) TZP(44.98) ATZ(53.97)	TBD Ti(53.49) TZP(52) ATZ(45.75) NBD Ti(34.25) TZP(40.12) ATZ(35.58)	N/A
Gredes T et al.(2014)	Pig	16	64	One-piece	maxon motor GmbH(new)/ Ziterion (ref.)	3	New Zr(45) Zr (56) Ti (35)	N/A	N/A
Möller B et al. (2012)	Pig	4	4	One-piece	White-SKY	3	67.1	N/A	N/A
Gahlert M et al. (2010)	Pig	16	64	One-piece	Straumann AG	3	N/A	Zr (69.3) Ti (73.1)	N/A
Gahlert et al. (2009)	Pig	15	30	One-piece	Straumann AG	3	51.1	54.6	Statistically significant lower RTV
Kohal et al. (2004)	Monkey	6	24(12/12)	One-piece	Custom-made	5	Zr (67.4) Ti (72.9)	N/A	N/A

Akagawa et al.(1998)	Monkey	7	28	One + Two-piece	Goei Industry	24	66<,<82	N/A	N/A
Liñares A et al.(2016)	Minipig	6	18(9/9)	One-piece	ZLA® implant	2	Zr (85.4) Ti (84.3)	N/A	N/A
Schierano G et al. (2015)	Minipig	16	96	One-piece	Custom-made	2	DHI(digital histology index) ATZ (53.3) Ti (35.3)	N/A	N/A
Gahlert et al. (2012)	Minipig	18	18	One-piece	Straumann AG	3	68.3	63.3	N/A
Bormann KH et al. (2012)	Minipig	17	136	One-piece	Straumann AG	3	N/A	N/A	Ti (180) Zr (147)
Stadlinger et al.(2010)	Minipig	7	14	One-piece	White-SKY	1	Submerged group (53) Non-sub group (48)	Submerged group (80) Non-sub group (63)	N/A
Schliephake et al. (2010)	Minipig	12	72(24/24/24)	One-piece	SPI	3.25	Sandblast group (54.6) Sandblast +etching group (57.6) Ti (78.9)	Sandblast group (70.9) Sandblast +etching group (70.7) Ti (80.5)	Sandblast group (99.4) Sandblast +etching group (100.3) Ti (221.9)
Depprich et al. (2008)	Minipig	12	48(24/24)	One-piece	Konus Dental Implants	3	Zr (71.4) Ti (82.9)	N/A	N/A
Gahlert M et al. (2007)	Minipig	13	64	One-piece	Metoxid AG	-	N/A	N/A	Zr-machined(25.9) Zr-blasting(40.5) Ti (105.2)
Schultze-Mosgau et al (2000)	Minipig	4	40(20/20)	One-piece	Friadent	N/A	BIC:BFCC ratio Zr (1.47) Ti (0.95)	N/A	N/A
Benic GI et al. (2017)	Dog	7	25(7/5/6/7)	One-piece	vitaclinical	N/A	Zr+DBBM +gra (70)	N/A	N/A

							Zr+DBBM +col (69) Zr+DBBM block (77) Ti (66)		
Mihatovi cI et al. (2017)	Dog	9	72(18/18/18/18)	One-piece	Lava, custom-made	2.5	TBIC Ti (58.5) Zr1 (49.7) Zr2 (37.1) Zr3 (69.5) NBIC Ti (46.5) Zr1 (32.3) Zr2 (29.3) Zr3 (57.2)	N/A	N/A
Calvo-Guirado JL et al. (2015)	Dog	6	48	One-piece	WhiteSKY	3	Ti (61.73) Zr (47.94)	N/A	N/A
Igarashi K et al.(2015)	Dog	5	18	One-piece	TZ-3YS-E/P-NanoZR	'-	Ti(68.9) Y-TZP(62.7) Ce-TZP/Al_2O_3 (58.7)	N/A	N/A
Montero et al. (2015)	Dog	16	16	One-piece	Ziraldent	5	57	N/A	N/A
Oh GJ et al. (2015)	Dog	3	15	One-piece	ExFeel	3	N/A	N/A	Ti (57.9) Zr (72) Zr-SB (58.3)
Thoma DS et al.(2015)	Dog	6	6	One-piece	VITA Zahnfabrik	6	87.71	N/A	N/A
		6	6	One-piece	Metoxit	6	78.58	N/A	N/A
		6	6	Two-piece	BPI	6	84.17	N/A	N/A
Delgado-Ruiz RA et al. (2014)	Dog	12	96	Two-piece	WhiteSKY	3	N/A	N/A	Ti (226.98) Zr+SB (215.13) Zr+SB+MN (240.15) Zr+SB+AM (226.98)
Calvo-Guirado JL et al. (2014)	Dog	6	48	One-piece	WhiteSKY	3	Zr-IL (65) Zr-NL (57.6)	N/A	N/A

Delgado-Ruiz RA et al.(2014)	Dog	6	48	One-piece	WhiteSKY	3	Loaded Ti (57) Zr (48) Zr+micro (78) Unloaded Ti (43) Zr (36) Zr+micro (48)	N/A	N/A
Lee BC et al. (2013)	Dog	6	48	One-piece	-	1-2	Ti (0.49) ATZ-N (0.55) ATZ-D (0.49) ATZ-B (0.4)	N/A	N/A
Koch et al. (2010)	Dog	6	48	One-piece	N/A	4	Uncoated group (59.2) Coated group (58.3) Synthetic group (26.8) Ti (41.2)	N/A	N/A
Dubruille et al.(1999)	Dog	5	6	One-piece	Sandhaus	10	64.6	N/A	N/A
Akagawa et al.(1993)	Dog	4	12	One + Two-piece	Goei Industry	3	70	N/A	N/A

Abstract

Osseointegration of immediate root-analog zirconia implant in the mandible of beagles

Kyeong-Ah, Kwak

Department of Head & Neck Anatomy and Imaging Science, Graduate School, Seoul National University

(Directed by Professor, Young-Seok Park, D.D.S., M.S.D., Ph.D.)

Objectives: Immediate root-analog zirconia implant system was used as alternative to solve the aesthetic problem of titanium implant and the weakness of current surgical concepts and implant shape. There are various factors behind implant failures, but we focused on implant design which was needed to establish the root-analog technique designed to provide primary stability. So, the aim of this study was to evaluate the osseointegration of immediate root-analog zirconia implant in the mandible of beagles.

Materials and methods: The mandible of three male beagle dogs was examined by CT scans and then the 3D image for imitating natural tooth was reconstructed to fabricate root-analog zirconia implants. Each beagle received the immediate root-analog zirconia implant at location of the premolars in the mandible. After 3-month healing period, Micro CT examination and histomorphometric analyses were performed.

Results: The immediate root-analog zirconia implants were inserted in a total 42 dental roots and seven implants failed. After 3-month healing period, implant retention showed success in 35 root-analog zirconia implants, 23 of which had an average BIC of 18.7±15.2% and the osseointegration were confirmed.

Conclusions: It was found that the average BIC values for the immediate root-analog zirconia implant is lower than those of the conventional commercial implant. Further study need to achieve successful osseointegration of the immediate root-analog zirconia implant.

keywords : Immediate placement, Root-analog, Zirconia implant, 3D scanning
Student Number : 2017-25912