

상악전치부 결손부에서 골유도재생술을 동반한 임플란트 수복의 증례보고

전북대학교 치과대학 치주과학교실, 구강생체과학연구소

홍은진*, 고미선*, 정양훈, 윤정호

*These authors contributed equally to this work.

ABSTRACT

Ridge augmentation and implant placement on maxillary anterior area with deficient alveolar ridge : case report

Department of Periodontology, College of Dentistry and Institute of Oral Bioscience,
Chonbuk National University, Jeonju
Eun-jin Hong*, Mi-Seon Goh*, Yang-Hun Jung, Jeong-Ho Yun

*These authors contributed equally to this work.

Atrophic alveolar ridge of maxillary anterior area is commonly observed after the extraction of teeth in patients with severely compromised periodontal disease, causing difficulties with implant placement. Successful esthetics and functional implant rehabilitation rely on sufficient bone volume, adequate bone contours, and ideal implant positioning and angulation. The present case report categorized the ridge augmentation techniques using guided bone regeneration (GBR) on the maxillary anterior site by Seibert classification.

Case I patient presented for implant placement in the position of tooth #11. The alveolar ridge was considered a Seibert classification I ridge defect. Simultaneous implant placement and GBR were performed. Eight months after implantation, clinical and radiological examinations were performed.

Case III patient presented with discomfort due to mobility of the upper maxillary anterior site. Due to severe destruction of alveolar bone, teeth #11 and #12 were extracted. After three months, the alveolar ridge was considered a Seibert classification III ridge defect. A GBR procedure was performed; implantation was performed 6 months later. Approximately 1-year after implantation, clinical and radiological examinations were performed.

During the whole treatment period, healing was uneventful without membrane exposure, severe swelling, or infection in all cases. Radiographic and clinical examinations revealed that atrophic hard tissues and buccal bone contour were restored to the acceptable levels for implant placement and esthetic restoration.

In conclusion, severely resorbed alveolar ridge of the maxillary anterior area can be reconstructed with ridge augmentation using the GBR procedure so that dental implants could be successfully placed.

Key words : Guided bone regeneration, Alveolar bone defect, Seibert classification, Dental implant, Anterior teeth

Corresponding Author

Jeong-Ho Yun, BS, DDS, MSD, PhD

Department of Periodontology, College of Dentistry, Chonbuk National University
567, Baekje-daero, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, 54896 Republic of Korea.

Tel.: +82-63-250-2289 Fax: +82-63-250-2289 E-mail: grayheron@hanmail.net

I. 서론

심미적으로 중요한 부위로 여겨지는 상악전치부에서의 임플란트 수복을 통한 심미적, 기능적 회복은 보편적인 치료방법으로 여겨지고 있다¹⁾. 성공적인 임플란트 수복은 충분한 골의 폭경 및 높이, 적절한 잔존골의 형태, 이상적인 임플란트의 위치와 각도, 치주적으로 건강한 임플란트 주위 연조직, 적절한 연조직의 형태 등에 영향을 받게 된다²⁾.

치아는 발치 후 골의 리모델링을 통해 골 소실이 발생하는데 발치 후 처음 3개월 안에 50% 잔존치조골 폭경의 감소와 제한적인 수직적인 골 소실이 일어나므로 임플란트 식립은 잔존골의 형태와 양을 고려하여야 한다³⁾. 이와 같이 발치 후 치조제 흡수로 인해 임플란트 수복을 비롯한 심미적인 보철 수복이 제한을 받는 경우가 종종 일어난다⁴⁾.

치조제 결손부는 경조직과 연조직의 결손 형태에 따라 분류되며, Seibert(1983)에 의하면 Class I은 수평적 치조제 폭경의 결손, Class II는 수직적 치조제 높이의 결손, Class III는 치조제 폭경, 높이 모두 결손되어 있는 경우로 분류하며 이는 경조직 및 연조직 결손에 해당한다⁵⁾.

결손된 치조골에 임플란트를 식립하기 위해서 여러 치조제 증대술 방법을 고려해 볼 수 있다. 일반적인 방법은 골유도재생술(GBR, guided bone regeneration), 치조제 분할술(ridge splitting), 치조제 확장술(ridge expansion) 등이 있다. 이전의 연구를 통해 기본적인 수술원리를 따른다면, 이런 수술적 방법들을 통한 수평적 치조골 증대술의 예지성은 높음이 밝혀졌다⁶⁾.

골유도재생술(GBR)을 동반한 임플란트 수복을 계획하는 경우, 해부학적 구조와 치조골 결손부의 정도에 따라 치조골 결손부 증대술의 양과 방향을 고려해

볼 수 있다. 임플란트의 초기 고정(primary stability)를 얻기에 적절한 잔존 치조골에서는 골이식을 동반한 임플란트 식립(simultaneous implant placement)을 고려할 수 있으며, 광범위한 골결손으로 인해 보철적으로 이상적인 위치에서 초기고정을 얻기 어렵다면 골 증대술이 완료된 후의 임플란트 식립(staged implant placement)이 보다 성공적인 치료 결과를 가져올 수 있음이 제안되었다⁷⁾.

심각한 수직적 치조골 소실이 존재하는 경우에 상악 전치부의 임플란트 수복시, 심미적으로 주위의 자연 치열과 조화로운 치료결과를 기대하기 어렵다. 상부 치조정이 무치악 부위 주위에 인접한 치아의 백악-법랑경계에서 약 2mm이내에 위치하지 않는다면 연조직 외형의 개선을 기대하기 어렵고 심미에도 악영향을 미칠 수 있다⁸⁾. 이러한 경우 자체적으로 공간 유지능을 지닐 수 있도록 타이타늄이 차단막내 삽입된 타이타늄 강화(titanium-reinforced) 차단막의 사용은 결손부에 맞추어 형태부여가 가능하고 골재생을 위한 충분한 공간을 확보할 수 있다는 장점을 지님으로써 예지성 있는 골재생의 결과를 얻을 수 있다⁹⁾.

본 증례에서는 Seibert 분류에 따른 치조제 결손부 유형에 따라 골유도재생술을 이용한 골증대술 및 임플란트 수복 후 임상적 평가를 시행하였다.

II. 증례 보고

1. 증례 1

23세 남자 환자가 2개월 전 외상으로 인해 발치한 #11 치아의 임플란트 수복을 원한다는 주소로 내원하였다. 특이할 만한 전신적 병력은 없었다. 임상검사 및 방사선사진 검사시 발치 부위의 치조제는 Seibert Class I 결손을 보였다(Fig. 1A~C). 임플란트 식립

시 초기고정을 얻을 수 있다고 판단하여 골유도재생술 식을 동반한 임플란트 수복(simultaneous implant placement)을 계획하였다.

임플란트 식립을 위해 양측 인접치를 포함한 무치악 부위에 치조정 및 열구내 절개, #12 원심선각 부위에 수직절개 시행, 전층 판막 거상 후 임플란트($\varnothing 4.0 \times 10.0\text{mm}$, Superline[®], Dentium, Korea) 식립을 시행하였다(Fig. 1D). 임플란트 식립 부위의 협측에서 열개가 관찰되었으며, 동종 망상골(irradiated allogenic Cancellous Bone and marrow (ICB cancellous[®]), Rocky Mountain Tissue Bank, USA)을 적용하고, 흡수성 콜라겐 차단막(Genoss collagen membrane[®], Dentium, Korea)을 재단하여 이식부에 위치시켰다. 이후 5/0 polyglactin 901(Vicryl[™], Johnson & Johnson International, USA)로 골막 봉합(perioosteal suture)하여 차단막 고정하였고, (Fig. 1E~F) 4/0 흡수성 단일 섬유 봉합사(Glyconate Monofilament, Monosyn[®], B. Braun Tuttingen, Germany)로 봉합 시행하였고, 10일 후 발사 시행하였다. 임플란트 수술 4개월 후 2차수술 시행하였으며, 심미적인 연조직 치유를 위해 split-finger technique¹⁰⁾ 이용하여 임플란트 부위 및 치간유두 부위의 심미적 치유를 유도하였다(Fig. 1G). 임플란트 식립 후 약 8개월째 임상적 및 방사선학적 경과 관찰한 결과, 임플란트는 염증 소견과 추가적인 골소실 양상 없이 안정적으로 유지되고 있었으며, 환자의 불편감은 보고되지 않았다(Fig. 1H~I).

2. 증례 2

50세 남자 환자가 상악 중절치의 동요도와 불편감을 주소로 내원하였다. 특이할 만한 전신질환으로는

고혈압이 있었으나 혈압은 양호하게 조절되는 상태였다. 임상검사 및 방사선사진 검사 시 #11,12에서 3도의 동요도 및 치석 침착, 8mm 이상의 치주낭 깊이 및 치조골 파괴가 관찰되었다. 전반적 만성 치주염으로 진단하였으며, #11,12 치아의 예후가 불량할 것으로 평가되어 발치 시행하였다. 발치 시행 3개월 후 연조직의 치유는 잘 이루어졌으나 cone beam computerized tomography(CBCT) 상에서 심한 수직적 골소실 및 수평적 골소실을 동반한 Seibert class III의 치조골 결손으로 판단하였고, 임플란트 식립시 초기고정을 얻기 어려울 것으로 예상되었다(Fig. 2A~C). 수직적, 수평적 골 증대술이 필요한 것으로 평가하여 골 증대술이 완료된 이후에 임플란트 식립(staged implant placement)을 계획하였다.

치조골 증대술을 위해 양측 인접치를 포함한 무치악 부위에 치조정 및 열구내 절개 시행, #12,21 각각의 원심선각부에 수직적 절개 시행 후, 전층 판막 거상하였다(Fig. 2D~E). 공간 유지를 위해 수직적 방향으로 tenting screw(Bone screw system[®], Jeil Medical Corp., Korea)를 고정한 후(Fig. 2F) 동종 망상골(irradiated allogenic cancellous bone and marrow(ICB cancellous[®]))과 이종골(deproteinized porcine bone mineral(The Graft[™])) 섞어 적용하고 titanium reinforced high-density polytetrafluoroethylene(dPTFE, Titanium reinforced cytoplast[®], Osteogenics Biomedical, USA) 차단막 적용 후 bone screw(Bone screw system[®])로 차단막의 고정 도모하였다. 5/0 polyglactin 901(Vicryl[™])로 골막봉합하여 차단막 안정화 도모, 4/0 흡수성 단일 섬유 봉합사(Monosyn[®]) 이용하여 수평누상봉합, 단속봉합하였으며, 약 14일 후 봉합사 제거하였고 양호한 치유상태 나타내었다(Fig. 3A~B).

치조골 증대술 6개월 후, 임플란트 수술을 위한 판막 거상시에 양호한 골증대가 관찰되었으며, #11,12 부위에 각각 임플란트($\varnothing 4.0 \times 10.0\text{mm}$, $\varnothing 3.5 \times 10.0\text{mm}$, Superline[®]) 식립하였다(Fig. 3C~D). 임플란트 식립 3개월 후에 2차 수술을 시행하였으며(Fig. 3E), provisional resin crown을 장착하여 보다 양호한 임플란트 주위 연조직 치유를 유도하여 scalloped shape의 치은형태가 형성되도록 하였고, 최종적으로 All ceramic 상부보철 제작하였다.

임플란트 식립 약 18개월 후 임상적 및 방사선학적 경과 관찰한 결과, 임플란트는 염증 소견과 추가적인 골소실 없이 안정적으로 유지되고 있었으며, 환자는 불편감을 나타내지 않았다(Fig. 3F~G).

3. 증례 3

62세 남자 환자가 3달 전 발치한 #11, 12 무치악 부위의 임플란트 수복을 원한다는 주소로 내원하였다(Fig. 4A~B). 특이할 만한 전신질환은 없었으며, CBCT상에서 #11,12 무치악 부위를 중심으로 수평적, 수직적으로 광범위한 골소실이 관찰되었으며 Seibert class III의 치조골 결손으로 판단하였다(Fig. 4C). 임플란트 식립시 초기고정을 얻기 어려울 것으로 판단하였고, 해당 부위에 수직적 및 수평적 골 증대술이 필요한 것으로 평가하여 치조골 증대술이 완료된 후의 임플란트 식립(staged implant placement)을 계획하였다.

치조골 증대술을 위해 양측 인접치를 포함한 무치악 부위에 치조정 및 열구내 절개 시행, #12,21 각각 원심선각부에 수직적 절개 시행 후, 전층 판막 거상하였다(Fig. 4D~E). 공간 유지를 위해 순측, 치관측 방향으로 tenting screw(Bone screw system[®])를 고정한 후(Fig 5A) 동종 망상골 (irradiated

allogenic cancellous Bone and marrow (ICB cancellous[®])과 이종골(deproteinized porcine bone mineral(The GraftTM))을 섞어 적용하고 titanium reinforced dPTFE (Titanium reinforced cytoplast[®]) 차단막 적용 후 bone screw(Bone screw system[®]) 이용하여 차단막의 고정 도모하였다. 5/0 polyglactin 901(vicrylTM)로 골막봉합하여 차단막 안정화 도모, PTFE Monofilament suture(Biotex[®], Purgo biologics, Korea) 이용하여 수평누상봉합, 단속봉합 시행하였으며, 약 14일 후 봉합사 제거하였고 양호한 치유상태 나타내었다(Fig. 5B~C).

치조골 증대술 6개월 후, #11,12 부위에 각각 임플란트($\varnothing 4.0 \times 10.0\text{mm}$, $\varnothing 3.5 \times 10.0\text{mm}$, Superline[®]) 식립하였다. (Fig 5D~F) 임플란트 식립 3개월 후에 2차 수술을 시행하였으며(Fig. 5G), provisional restoration 수복하여 soft tissue molding을 유도하였으며 최종적으로 zirconia crown 으로 상부보철 수복 시행하였다.

임플란트 식립 약 1년 후 임상적 및 방사선학적 경과 관찰한 결과, 임플란트는 염증 소견과 추가적인 골소실 없이 안정적으로 유지되고 있었으며, 환자는 불편감을 보이지 않았다(Fig. 5H~I).

Ⅲ. 고찰

심미적인 임플란트 수복에 있어서 중요한 것은 자연 치아와 유사한 연조직 형태와 보철적으로 의도된 위치에 임플란트를 식립하는 것이다. 기능적, 심미적으로 적절한 위치에 임플란트를 식립하기 위해서는 결손된 치조골을 재건하는 것이 필요하며, 이를 위해 골유도 재생술(GBR)이 고려될 수 있다.

이번 증례보고에서는 각각의 골결손 형태를 가진 상악전치부에 다른 방법의 치조제 증강술을 동반한 임플란트 수복을 시행한 증례를 통해, 골 결손 형태에 따른 적절한 골유도재생술을 제안하고자 하였다.

수평적 골결손을 보였던 첫번째 증례에서는 임플란트 초기 고정을 얻기에 적절한 잔존골을 보여 흡수성의 collagen membrane을 이용하여 동종골 골이식을 동반한 임플란트 식립(simultaneous implant placement)을 시행하였는데, 수평적 골결손은 가장 흔하게 발견되는 것으로 이러한 형태의 결손부는 이전의 연구에서 collagen membrane을 사용한 골유도 재생술을 통해 성공적으로 치료되었다고 보고된 바 있다¹⁰⁾.

동종골은 골유도 및 골전도 효과가 있으며, collagen membrane의 경우, 연조직 치유를 촉진하며, 숙주 조직과의 결합을 좋게 하고 노출 시 빠르게 흡수되는 장점이 있다^{11,12)}. 그러나, 결손부의 형태가 좋지 않으면, 초기에는 공간을 유지하는 것처럼 보여도 조직에 접하면 기계적 강도를 잃게 되어 적절한 공간유지 면에서는 불리하다는 단점도 있다³⁾. 이에 본 증례에서는, 결손이 크지 않은 수평적 골결손부의 치조제 증대술에 사용하였으며, 특별한 합병증의 발생 없이 양호한 치유를 얻었다.

수평적, 수직적 골결손을 함께 보였던 두번째, 세번째 증례는 임플란트 초기 고정을 얻기에 부적절한 잔존골 형태이므로, 동종골과 이종골을 혼합하여 적용 후 비흡수성 막을 이용하여 골 증대술이 완료된 후에 임플란트 식립(staged implant placement)을 고려하였다.

수평적 수직적 골 결손부위에 임플란트를 이상적으로 위치시키기 위해서는 골유도재생술시 공간유지가 중요하기 때문에 골유도 및 골전도 효과가 있는 동종골과 골전도능이 있는 이종골을 혼합하여 적용하고 골이

식재가 잘 유지될 수 있도록 tenting screw와 titanium reinforced dPTFE 차단막을 이용하였다.

증례에 사용된 titanium reinforced dPTFE 차단막은 전통적인 e-PTFE(expanded polytetrafluoroethylene)에 비해, 약 0.2um의 작은 pore size와 표면의 특성으로 인해 박테리아의 침투에 저항성이 크며, 동물실험 및 임상실험에서 골유도재생술에 이 차단막을 사용하여 성공적인 결과를 얻어낸 바 있으며¹⁵⁾, 부드러운 표면 성질 덕분에 제거가 쉽고, 추가적인 수술적 접근 없이 가능하다는 장점이 있다.

두번째, 세번째 증례 역시 골유도재생술을 통해 적절한 위치에 임플란트를 식립할 수 있었고, 임상적으로 특별한 합병증 없이 양호한 치유결과를 얻었다. 그러나, 첫번째 증례와 달리 식립시와 치유 지대주를 장착한 시기, 최종 보철물 수복 이후의 방사선사진을 비교했을 때, 치조정부위의 골흡수 양상이 관찰되었는데, 이는 치유지대주 장착 후 발생할 수 있는 생물학적 폭경 형성에 따른 치조정 소실로 생각된다. 임플란트가 구강환경에 노출되고 기능할 때 osseointegration을 보호하기 위해 최소한의 peri-implant mucosa width가 필요하며 이 dimension이 충족되지 않았을 때 적절한 biologic width를 만들기 위해 골흡수가 일어난다고 보고된 바 있다⁶⁾.

또한 수직적 골 결손부를 보였던 두번째, 세번째 증례에서 치간유두의 부족, 임플란트 주위 치은연의 퇴축으로 인한 margin의 노출 등 심미적으로 아쉬운 결과를 보였다. 이와 관련하여 Buser 등은 심미적인 임플란트 수복을 위해 implant shoulder의 식립시 깊이는 인접치의 순측 백악법랑경계보다 1~2mm 아래에 위치하는 것이 이상적이라고 언급하였으며¹⁷⁾, 본 증례에서는 수직적 골증대 후 치조골정의 위치가 이상

적 위치에 비해 다소 근단측에 위치하였기 때문에 결과적으로 임플란트의 apico-coronal position이 이상적으로 형성되지 못하여 다소 비심미적인 결과를 가져온 것으로 생각된다. 또한, 치간유두의 심미적인 외형 형성을 위해서는 접촉면의 길이, 치조정으로부터 접촉점까지의 거리, 인접면 치은의 두께 등을 고려해야 하며¹⁸⁾, 초기 치유 후 provisional crown을 3개월 이상 장착하여 연조직 성숙을 유도한 뒤, 최종 보철물을 장착하는 것이 바람직하다고 보고된 바 있다¹⁹⁾.

본 증례보고는 상악전치부의 골결손 형태에 따른 골유도재생술 방법을 제안하였으며, 골결손 형태에 따라 골이식재와 차폐막을 다르게 적용하였다. 단기간의 관찰기간 동안 임플란트 식립 이후 임상적, 방사선학적으로 합병증을 보이지 않았고 환자의 불편감 또한 나타내지 않았다. 그러나 경과 관찰기간이 짧아 향후 추가적인 장기간의 경과관찰이 요구되며, 두번째, 세번째 증례의 경우처럼 심한 골결손 부위의 임플란트 식립시에는 치유지대주 장착 후 나타날 수 있는 변연

골 소실에 의한 비심미적 결과의 발생에 주의하여야 할 것으로 사료된다. 따라서, 상악 전치부의 골결손 부위에 임플란트를 수복하는 경우, 심미적인 결과를 얻기 위해 연조직 이식 및 인접치와의 관계도 고려해야 할 것이다.

IV. 결론

본 증례들에서는 상악 전치부의 결손된 치조제에 대하여 치조골 결손 형태에 따라 다른 방법의 골유도 재생술식을 동반한 임플란트 식립을 진행하였다. 결과적으로 8개월에서 18개월의 경과 관찰 기간동안 임상적으로 합병증 없이 심미적, 기능적으로 양호한 결과를 보였다. 임상외는 상악 전치부의 치조골 결손 형태에 따라 적절한 재료와 방법을 사용한 골유도재생술을 시행할 수 있고 이를 통한 치조골 증대에 의해 보철적으로 보다 이상적인 위치에 임플란트가 식립될 수 있을 것이다.

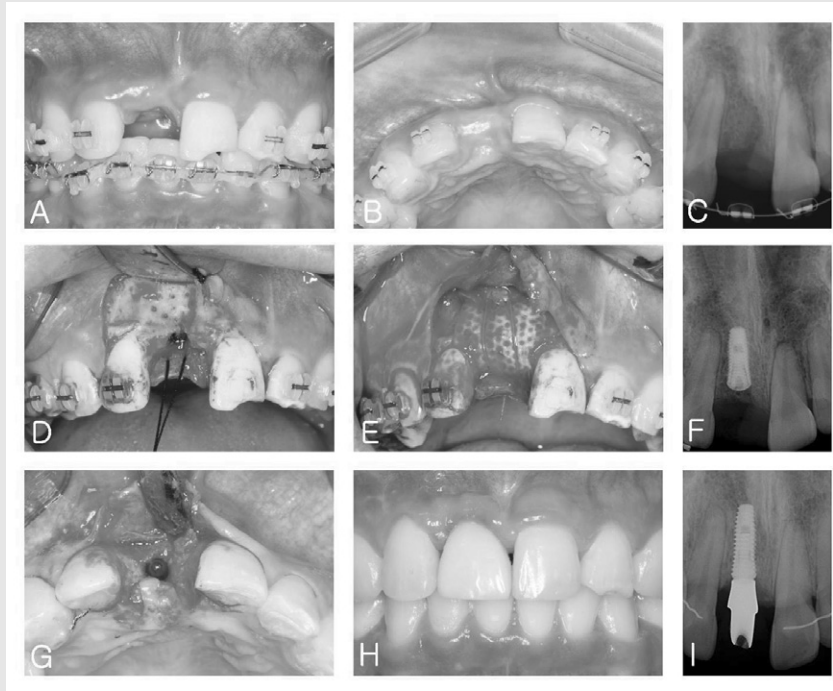


Fig. 1. (A)(B) 3 months after the extraction, preoperative photographs at labial, occlusal view before implant placement (C) 3 months after extraction, preoperative radiography (D) Implant installation(\varnothing 4.0 x 10.0mm, Superline[®]) & Decortication (E) Irradiated allogenic cancellous bone and marrow(ICB cancellous[®]) & resorbable collagen membrane(Genoss collagen membrane[®]) (F) Postoperative radiography (G) 2nd surgery was performed at 4 months after the implant placement (H) Clinical photograph on the labial view after cementation of the provisional implant prosthesis (I) Radiographs at 8-months follow-up check

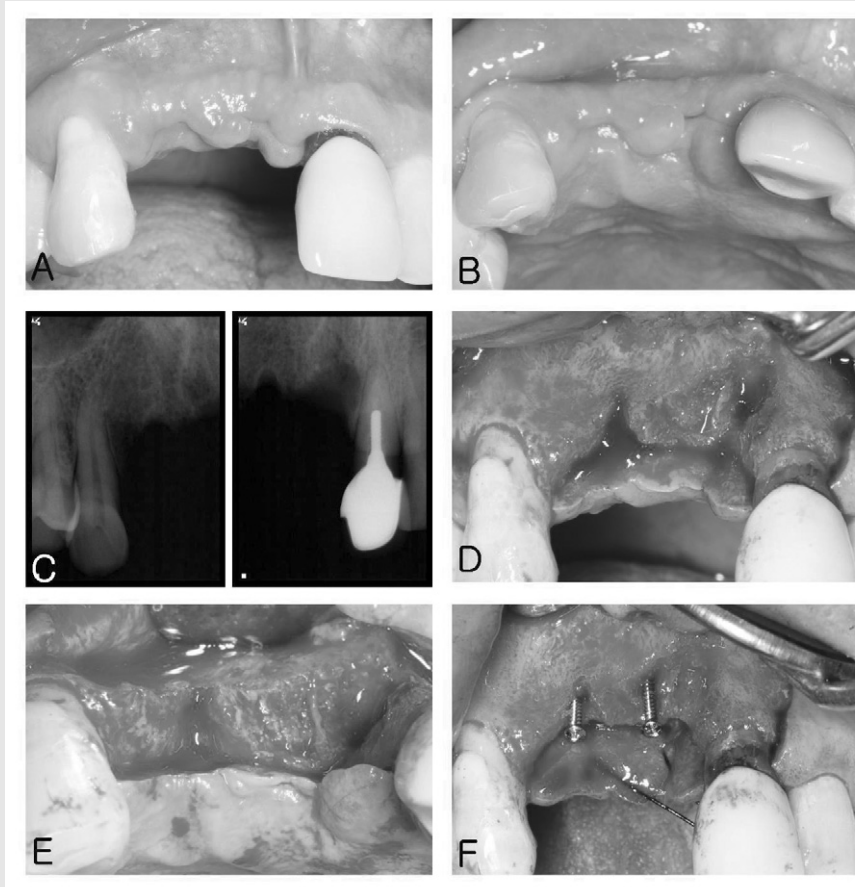


Fig. 2. (A)(B) 3 months after the extraction, preoperative photographs at labial, occlusal view before implant placement (C) 3 months after extraction, preoperative radiography before implant placement (D)(E) After flap elevation, vertical and horizontal bone deficiency was observed (F) Tenting screw(Bone screw system®) was applied.

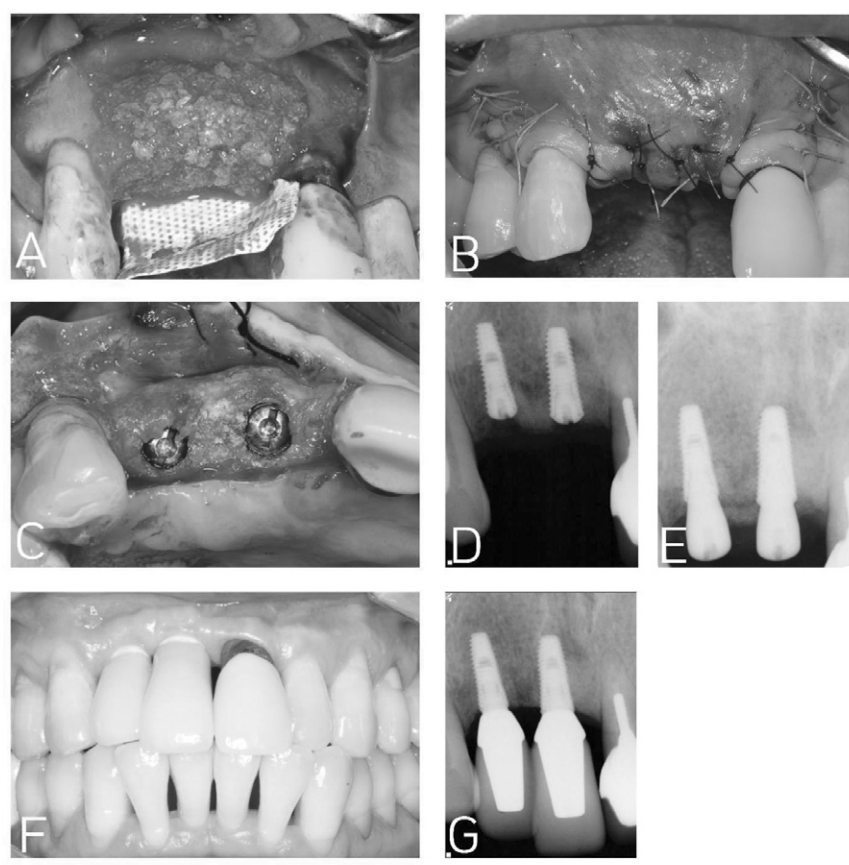


Fig. 3. (A) Irradiated allogenic cancellous bone and marrow(ICB cancellous®), deproteinized porcine bone mineral(THE Graft™) and titanium reinforced dPTFE(Titanium reinforced cytoplast®) (B) Operation site was sutured. (C) 1st surgery was performed at 6 months after GBR. Implant(ø 4.0 x 10.0mm, ø 3.5 x 10.0mm Superline®, Dentium, Korea) installation was performed. (D) Postoperative radiography (E) 2nd surgery was performed at 3 months after implantation. (F)(G) Clinical photographs and radiographs at 18 months follow-up check.

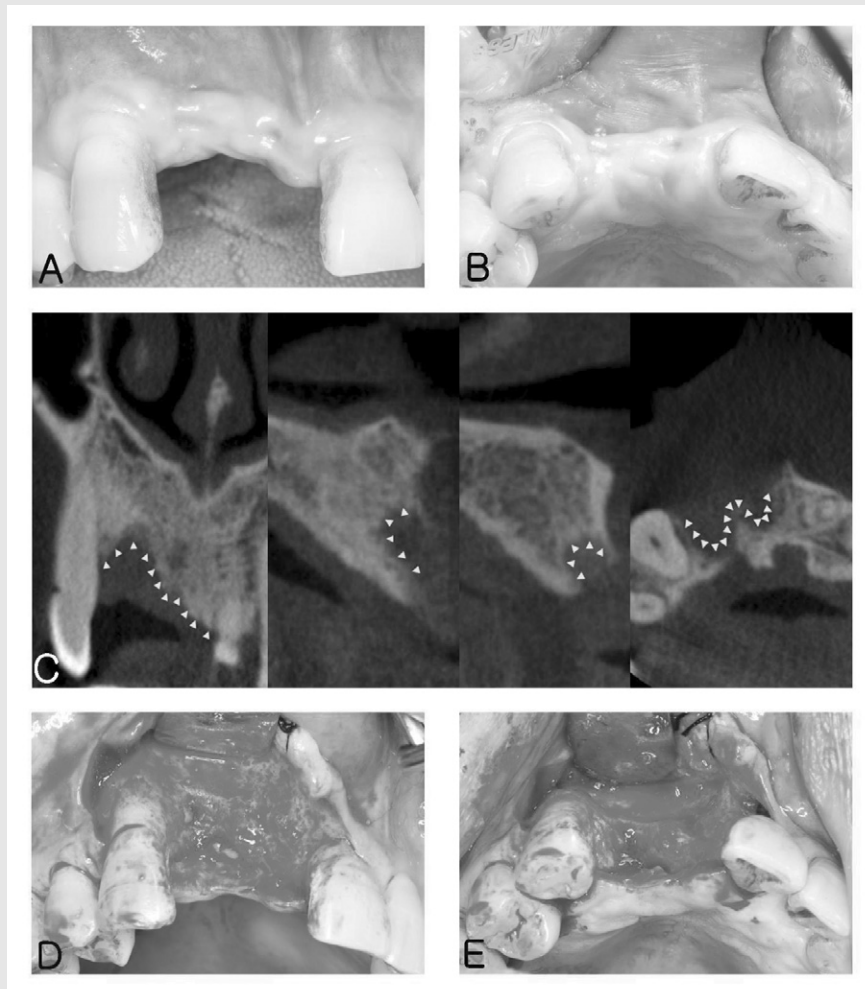


Fig. 4. (A)(B) 3 months after the extraction, preoperative photographs at labial, occlusal view before implant placement (C) Preoperative CBCT. Coronal, axial, sagittal view. (D)(E) After flap elevation, horizontal and vertical bone deficiency was observed

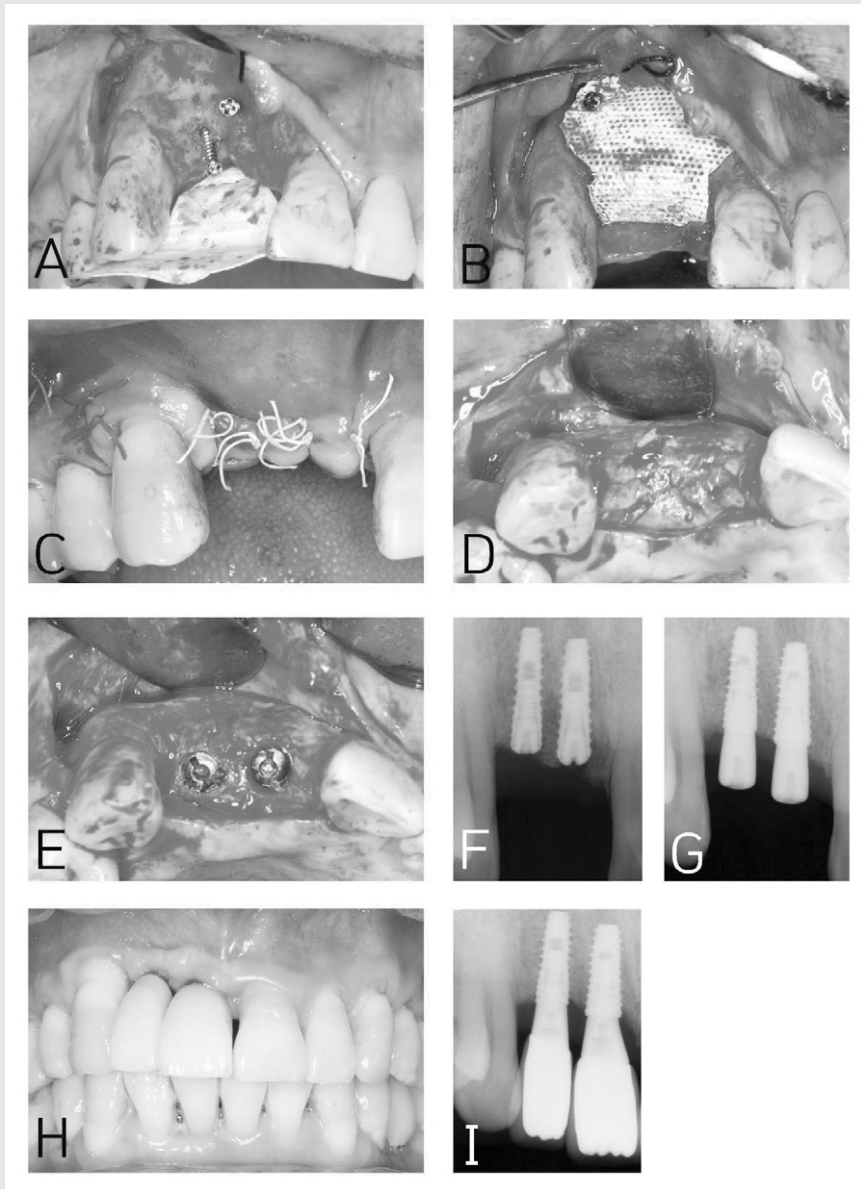


Fig. 5. (A) Tenting screw(Bone screw system[®]) was applied. (B) Irradiated allogenic cancellous bone and marrow(ICB cancellous[®]) & deproteinized porcine bone mineral(THE Graft[™]) and titanium reinforced dPTFE(Titanium reinforced cytoplast[®]) (C) Operation site was sutured. (D) 1st surgery was performed at 6 months after GBR (E) Implant(\varnothing 4.0 x 10.0mm, \varnothing 3.5 x 10.0mm Superline[®]) installation was performed. (F) Postoperative periapical view. (G) 2nd surgery was performed at 3 months after implantation. (H)(I) Clinical photographs and radiographs at 1-year follow-up check.

참고 문헌

1. Jovanovic SA. Bone rehabilitation to achieve optimal aesthetics. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1997;9(1):41-51
2. Seibert JS, Salama H. Alveolar ridge preservation and reconstruction. *Periodontol* 2000 1996;11:69-84
3. Saravanan P, Ramakrishnan T, Ambalavanan N, Emmadi P, John TL. Efficacy of guided bone regeneration using composite bone graft and resorbable collagen membrane in Seibert's Class I ridge defects: Radiological evaluation. *J Oral Implantol* 2013;39(4):455-62
4. Hoffmann O, Bartee BK, Beaumont C, Kasaj A, Deli G, Zafiroopoulos GG. Alveolar bone preservation in extraction sockets using non-resorbable dPTFE membranes: a retrospective non-randomized study. *J periodontol* 2008;79(8):1355-69
5. Seibert JS. Reconstruction of deformed, partially edentulous ridges, using full thickness onlay grafts, Part I. Technique and wound healing. *Compend Contin Educ Dent* 1983;4(5):437-53
6. Kuchler U, von Arx T. Horizontal ridge augmentation in conjunction with or prior to implant placement in the anterior maxilla: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29:14-24
7. Chiapasco M, Zaniboni M, Boisco M. Augmentation procedures for the rehabilitation of deficient edentulous ridges with oral implants. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:136-59
8. Grunder U, Gracis S, Capelli M. Influence of the 3-D bone-to-implant relationship on esthetics. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25(2):113-9
9. Schenk RK, Buser D, Hardwick WR, Dahlin C. Healing pattern of bone regeneration in membrane-protected defects: a histologic study in the canine mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9(1):13-29
10. Buser D, Halbritter S, Hart C, Bornstein MM, Grutter L, Chappuis V, Belser UC. Early implant placement with simultaneous guided bone regeneration following single-tooth extraction in the esthetic zone: 12-month results of a prospective study with 20 consecutive patients. *J Periodontol* 2009;80(1):152-62
11. Lekovic V, Camargo PM, Klokkevold PR, Weinlaender M, Kenney EB, Dimitrijevic B, Nedic M. Preservation of alveolar bone in extraction sockets using bioabsorbable membranes. *J Periodontol* 1998;69(9):1044-9
12. Lorenzoni M, Pertl C, Keil C, Wegscheider WA. Treatment of peri-implant defects with guided bone regeneration: a comparative clinical study with various membranes and bone grafts. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13(5):639-46
13. Lundgren D, Sennerby L, Falk H, Friberg B, Nyman S. The use of a new bioresorbable barrier for guided bone regeneration in connection with implant installation. Case reports. *Clin Oral Implants Res.* 1994;5(3):177-84
14. Chen ST, Buser D. Esthetic outcomes following immediate and early implant placement in the anterior maxilla—a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29:186-215
15. Yun JH, Jun CM, Oh NS. Secondary closure of an extraction socket using the double-membrane guided bone regeneration technique with immediate implant placement. *J Periodontal Implant Sci* 2011;41(5):253-8
16. Berglundh T, Lindhe J. Dimension of the periimplant mucosa: biological width revisited. *J Clin Periodontol* 1996;23(10):971-3
17. Belser UC, Buser D, Hess D, Schmid B, Bernard JP, Lang NP. Aesthetic implant restorations in partially edentulous patients? a critical appraisal. *Periodontol* 2000 1998;17:132-50
18. Buser D, Martin W, Belser UC. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:43-61
19. Funato A, Salama MA, Ishikawa T, Garber DA, Salama H. Timing, positioning, and sequential staging in esthetic implant therapy: a four-dimensional perspective. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2007;27(4):313-23