

유착된 상악 중절치를 임플란트로 대체한 II급 부정교합의 치료 후 10년간의 전치부 심미성의 변화 양상

강민지,¹ 이지현,¹ 김경호,¹ 김선재,² 정주령¹

연세대학교 치과대학 교정과학교실, 강남세브란스병원 치과교정과,¹
 연세대학교 치과대학 보철과학교실, 강남세브란스병원 치과보철과²

Esthetic Improvement of the Maxillary Anterior Teeth during the Ten Years after Single-Implant Restoration Replacing an Ankylosed Maxillary Central Incisor in a Class II Malocclusion

Minji Kang,¹ Ji-Hyun Lee,¹ Kyung-Ho Kim,¹ Sunjai Kim,² Chooryung J. Chung¹

¹Department of Orthodontics, Gangnam Severance Hospital, The Institute of Craniofacial Deformity, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Korea

²Department of Prosthodontics, Gangnam Severance Hospital, The Institute of Craniofacial Deformity, College of Dentistry, Yonsei University, Seoul, Korea

ABSTRACT

This case report illustrates the long-term changes of an adult Class II malocclusion treated with premolar extraction and a single-implant restoration replacing an ankylosed upper central incisor. A 20-year-old female showing Class II malocclusion with maxillary protrusion and ankylosed upper central incisor due to previous trauma visited the clinic. To improve the occlusion, first premolars of the maxillary and mandibular arch were extracted followed by comprehensive orthodontic treatment. After orthodontic treatment, the ankylosed upper incisor was extracted and replaced with a dental implant. Overall, the occlusion was stably maintained during the 10 years of retention. Interestingly, the interdental papilla between the implant and the adjacent central incisor and the gingival soft tissue continued to remodel over time improving the micro-esthetics of the maxillary incisor region as well as the occlusion. (Clin J Korean Assoc Orthod 2020;10(4):239-250)

Key words Ankylosis, Dental implant, Peri-implant soft tissue, Stability, Micro-esthetics



Dr. 강민지



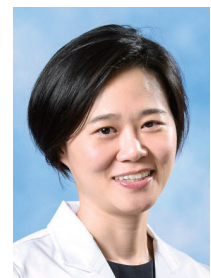
Dr. 이지현



Dr. 김경호



Dr. 김선재



Dr. 정주령

Corresponding author: Chooryung J. Chung

Department of Orthodontics, Gangnam Severance Hospital, The Institute of Craniofacial Deformity, College of Dentistry, Yonsei University, 211 Eonju-ro, Gangnam-gu, Seoul 06273, Korea

Tel: +82-2-2019-1320 Email: crchung@yuhs.ac

Received: September 7, 2020 / Revised: November 14, 2020 / Accepted: November 15, 2020

서론

외상에 의한 치아의 탈구 또는 변위는 치주 인대의 손상과 해당 부위의 백악질과 치조골의 유착(ankylosis)을 유발하기도 한다.¹ 외상으로 인한 치아의 손상은 아동의 골격성 제II급 1류 부정교합, 특히 돌출된 상악 전치에 호발하며,² 유착의 발생과 함께 치조골의 수직적 성장이 저해되므로 장기적으로는 기능적 및 심미적인 문제가 동반된다.³ 유착치는 교합면 저위 및 치은연의 근단측 변위, 타진 시 금속성 소리, 동요도 결여, 변색, 방사선 영상에서 치주 인대강의 소실과 같은 특징을 보이며,⁴ 일반적인 교정치료를 통해서는 치아 이동이 가능하지 않으므로 진단 시 유착 여부를 감별하고 적절한 치료계획을 수립하는 것이 필요하다.

치아의 유착이 발생한 경우 탈구술을 통한 치아의 맹출 및 교정적 이동 유도 또는 유착치 발치 후 보철치료가 보편적인 치료방법이며,⁵ 발치된 소구치의 유착치 부위로의 자가치아이식,⁶ 골 절단술과 같은 외과적 수술을 동반한 치아 이동⁷ 등이 보고되고 있다. 잔여 성장이 없고 유착치가 대체성 치근 흡수나 내흡수로 인해 예후가 좋지 않은 경우라면 발치 후 임플란트 수복이 보편적인 치료방법으로 제안되지만, 유착에 따른 기존의 수직적인 골 결손,⁸ 발치나 교정치료에 따른 추가적인 국소 환경의 변화,^{9,10} 노화 등으로 연조직과 경조직의 변화가 장기적으로 발생하므로 상악 전치부에서 단일 임플란트 수복 후의 장기적인 심미성 예측은 쉽지 않은 것이 현실이다.

본고에서는 외상으로 인한 상악 중절치 유착과 크라우딩을 동반한 제II급 부정교합 환자에서 소구치 발치를 통해 부정교합을 개선하고 유착된 상악 중절치를 임플란트로 대체한 증례의 치료과정 및 장기간의 변화 양상을 추적하였다. 이를 통해 유착치가 동반된 경우의 진단 및 교정치료 시 고려사항과 전치부 단일 임플란트 주위의 경조직 및 연조직의 장기적인 변화를 살펴보고자 한다.

진단

20세 여자 환자가 덧니와 돌출된 앞니를 교정하고 싶다는 주소로 내원하였다. 환자는 약 10년 전에 상악 우측 중절치의 외상으로 재식을 시행한 병력이 있으며, 초진 시 인접치에 비해 저위 교합(infraocclusion) 및 변색 소견이 관찰되어 유착치로 잠정 진단하였다. 구강 내 소견으로는 전치부의 순측 경사와 상악 10 mm, 하악 8.5 mm의 공간 부족으로 인한 심한 크라우딩, 양측 II급 구치관계, 큰 수평피개(9 mm)가 관찰되었으며 상악 정중선은 우측으로 1 mm 변위되어 있었다. 미소시 크라우딩으로 인한 미소선의 부조화 및 변색된 상악 우측 중절치, 돌출된 상악 좌측 중절치가 관찰되었으며 전반적으로 상악보다는 하악 치열이 수직적으로 더 많이 노출되었다(Figure 1).

측면 두부계측방사선사진 분석에서 전후방적으로는 골격성 II급 부정교합($ANB=5.3^\circ$), 수직적으로는 과발산형(hyperdivergent)의 경향을 보였으며($SN-MP=42.6^\circ$) 전치부의 순측 경사($U1$ to $SN=116.1^\circ$)를 확인할 수 있었다. 파노라마 방사선사진에서 근관치료를 시행한 상악 우측 중절치의 저위된 치관 및 치조골이 관찰되었으며, 치근단 방사선사진에서 치근의 형태는 양호하였고 뚜렷한 치근 흡수 양상은 보이지 않았다. 근심면 치근침 주위로는 일부 치주 인대강이 불분명하였다(Figure 2, Table 1).

상기 소견을 토대로 상악 우측 중절치의 유착 가능성을 동반한 골격성 II급 부정교합으로 진단하였다.

치료계획

진단 내용을 바탕으로 (1) 크라우딩 해소와 적절한 수평피개의 형성, (2) 상·하악 구치부 II급 관계의 개선, (3) 돌출감 개선을 통한 심미성의 회복, (4) 미소선의 개선을 치료 목표로 설정하였다.

일반적으로 심한 크라우딩과 돌출감 개선을 위해서



Figure 1. Pretreatment intraoral photographs.

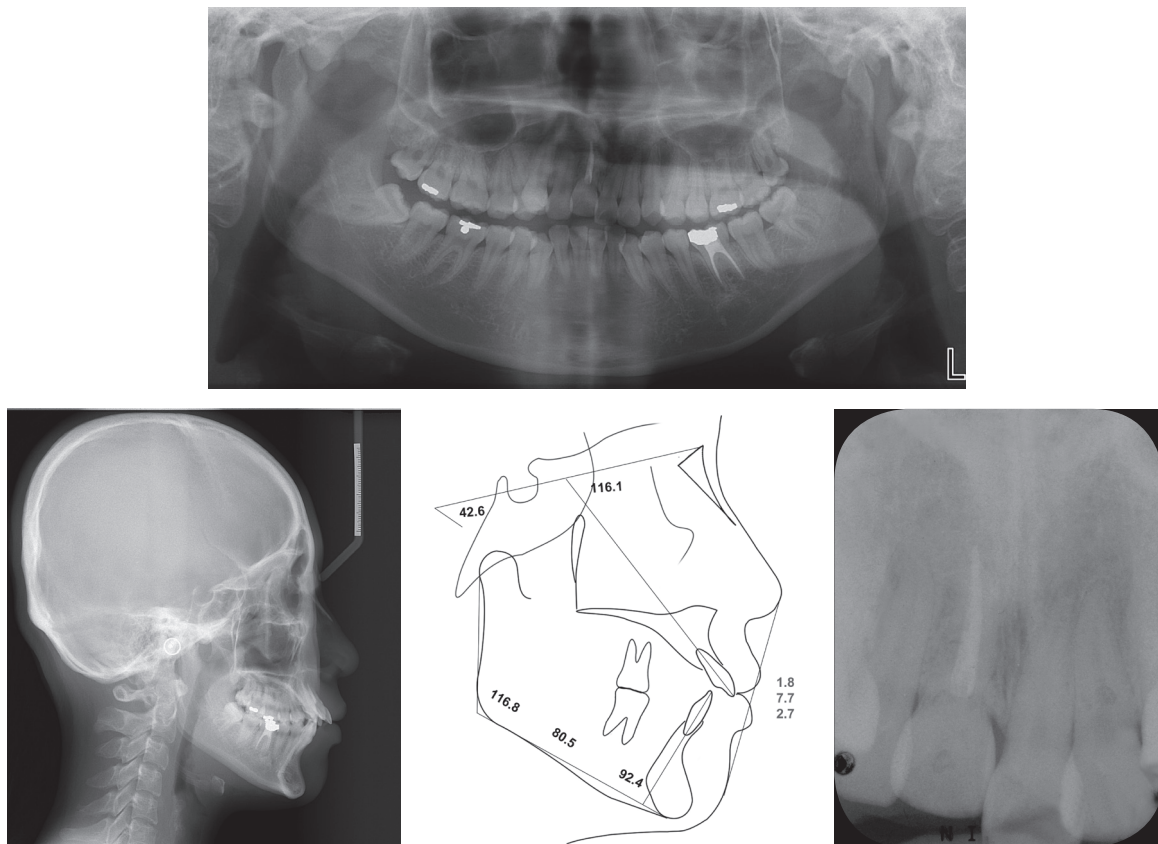


Figure 2. Pretreatment radiographs and cephalometric tracing.

Table 1. Cephalometric measurements

Measurement	Norm (mean ± SD)	Pretreatment	Posttreatment	Retention
SNA (°)	81.6 ± 3.1	78.8	77.3	76.7
SNB (°)	79.1 ± 3.0	73.5	72.5	72.0
ANB (°)	2.4 ± 1.8	5.3	4.8	4.8
Wits appraisal (mm)	-2.6 ± 2.3	7.7	1.5	2.0
SN-MP (°)	34.0 ± 5.0	42.6	44.9	44.4
Bjork sum (°)	393.3 ± 5.2	402.6	404.9	404.4
Gonial angle (°)	118.6 ± 5.8	116.8	117.5	115.8
U1-SN (°)	106.0 ± 5.0	116.1	92.6	93.5
IMPA (°)	94.0 ± 5.0	92.4	86.4	88.1
Upper lip (E-line) (mm)	-0.9 ± 1.8	1.8	-1.6	-1.3
Lower lip (E-line) (mm)	0.9 ± 1.8	2.7	-0.8	-0.6

는 4개의 제1소구치 발치를 동반한 전치부의 후방 이동을 계획할 수 있다. 다만, 본 증례에서는 상악 우측 중절치의 유착 가능성을 감안하여 추가적인 치료 옵션을 고려하였다.

첫 번째는 소구치 발치 교정 시행과 더불어 유착치 또한 발치하는 옵션으로 향후 임플란트나 발치 소구치의 자가치아이식을 통해 유착치를 대체하는 방법이다. 젊은 성인에서 상악 전치부의 단일 임플란트 식립은 비교적 간단하고 빠르게 마무리할 수 있는 치료방법이지만, 본 증례의 경우 유착치의 수직적 골 결손뿐 아니라 교정치료로 인한 인접 치아의 후방 이동에 따른 주변 환경의 변화가 일어날 수 있으므로 추가적인 골 이식, 치은 성형술과 같은 부가적인 술식이 동반되는 다학제간 협진 치료가 필요할 수 있다.¹¹

발치할 소구치 중 하나를 선택하여 전치부에 자가치아이식을 시행하는 방법은 임플란트와는 달리, 치근막이 건강한 자연치를 활용하므로 교정치료 중 적절한 연조직과 경조직이 재형성되어 장기적인 심미성이 탁월하다는 장점이 있다. 하지만 교정치료 초기에 소구치 발치와 더불어 이식을 진행해야 하는 시한성과 이식 후 이식치에서 유착 및 치근 흡수가 발생할 수 있는 위험성 또한 존재한다.^{12,13}

두 번째는 초진 시 상악 중절치가 형태학적인 이상 소견이나 별다른 임상 증상을 보이지 않았던 점을 고려

하여 외과적 탈구술을 시행하여 유착치의 치아 이동을 유도하는 방법이 제안될 수 있다. 다만, 탈구술 시행 후 유착이 재발하거나 외과적 자극이나 교정력으로 인해 유착치에 추가적인 치근 흡수가 일어날 수 있는 위험성이 있다.¹⁴

세 번째는 상악 우측의 경우는 소구치가 아닌 유착 중절치를 발치하여 측절치를 중절치로, 견치를 측절치로, 제1소구치를 견치로 대체하고 공간을 폐쇄하는 방법이다. 우측 측절치 크기가 중절치와 유사하고 최소한의 발치로 교합을 형성할 수 있지만, 유착치 발치에 따른 수직적 골 결손 부위의 연조직과 경조직의 치유 및 해당 부위로의 측절치 이동의 어려움이 예상되고 비대칭적인 교합과 치아 크기 부조화에 따른 인접 치아의 추가적인 보철/보존 술식이 동반되어야 하는 한계가 존재한다.⁶

상악 우측 중절치의 경우 병력이나 임상 증상을 토대로 유착의 가능성은 높으나 초진 시 방사선학적으로 치근 흡수 등의 형태학적 변이가 뚜렷이 관찰되지는 않았으므로 치아 배열을 위한 교정력을 우선적으로 부여해 유착 여부를 확인하고, 반응 상태를 평가하여 향후 발치 또는 외과적인 시술을 동반한 치아 이동 중 하나를 선택하기로 하였다. 이때 치아 이식의 가능성을 배제하지 않기 위해 공간 형성이 필요한 상악 소구치만을 우선적으로 발치한 후 상악궁의 초기 배열을 진행하기로 하였다.

치료경과 및 결과

상악 우측 중절치의 유착 여부를 확인하기 위해 상악 제1소구치 발치 후 우선적으로 상악 치열에 Roth prescription의 0.022-inch 슬롯 세라믹 자가결찰 브라켓(Clippy-C, Tomy, Tokyo, Japan)을 부착하여 배열을 시작하였다. 배열 2개월째, 치아 위치의 변화나 동요가 없는 우측 중절치와 인접 측절치의 압박이 관찰되어 상악 우측 중절치의 유착을 확인하였다. 이와 더불어 우측 상악 중절치 주변의 치은 증식 및 치근단 방사선사진상 치근 원심측에서 방사선 투과성 소견이 관찰되었으며 시간이 갈수록 중절치의 내흡수 소견이 보다 명확히 확인되기 시작하였다(Figure 3).

따라서 유착된 상악 우측 중절치의 장기적인 예후가 불리할 수 있음을 고려하여 외과적 탈구술을 동반한 유착치의 보존 및 이동 옵션은 배제하고 최종적으로 발치를 시행하기로 하였다. 중절치 발치 후 임플란트 수복, 자가치아이식, 교정적 공간 폐쇄의 장단점을 토대로 환자와의 재상담을 진행하였으며 교정치료 중 추가적인 유착의 위험성이 적으며 해당 치아만 수복물로 마무리할 수 있는 단일 임플란트로 발치 부위를 대체하기로 결정하였다. 단, 유착치를 치료 초기에 미리 발치할 경우 인접 치아의 후방 이동에 따른 결손부의 치조골 변

화를 예측하기 어려우므로 유착치는 교정치료 완료 후 임플란트 식립 시점에 맞추어 발치하기로 하였다.

상악 우측 중절치를 제외한 치아 배열 후 018 × 025-inch 스테인리스강 와이어상에서 상·하악 전치부의 총 후방 견인(en-masse retraction)을 시행하였다. 상악 우측 중절치의 교합면 침하를 보다 심미적으로 개선하기 위하여 유착치의 순측과 절단면에는 레진을 이용한 임시 수복을 하였으며(Figure 4A), 후방 이동과 더불어 호선은 유착치 부위를 통과하도록 굴곡을 주어 사용하였다(Figure 4B). 초기 교정력을 부여하여 유착을 확인한 후 상악 우측 중절치에는 별다른 교정력을 부여하지 않았으나, 약 10개월 후 해당 치아의 원심치은에서 치은 농양이 관찰되었다(Figure 4A). 치근단 방사선사진을 통하여 유착치에 의한 공동 관(sinus tract)과 내흡수가 점진적으로 진행된 것을 확인할 수 있었다(Figure 4C, D).

치료 18개월째, 발치 공간의 폐쇄를 완료하였으며 상악 우측 중절치의 발치 및 임플란트 식립 시기를 결정하기 위해 보철과로 의뢰하였다. 해당 부위의 수직적 치조골 결손을 고려하여 발치 후 즉시 식립보다는 골 이식을 동반한 두 단계 수술이 필요한 것으로 판단하였고, 교정치료 종료와 더불어 임플란트 식립이 시행될 수 있도록 교정치료 마무리 약 3개월 전에 미리 발치를

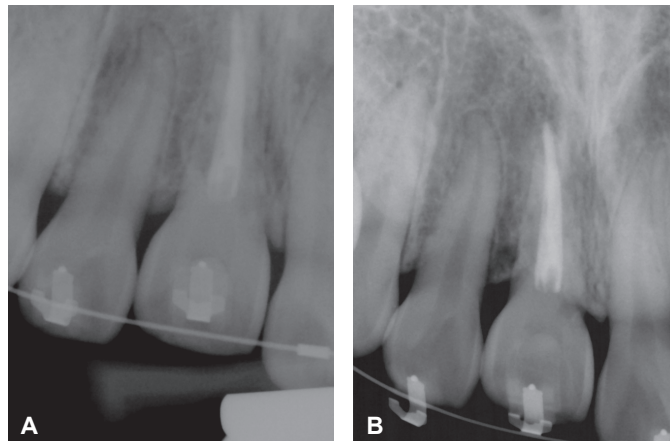


Figure 3. Serial periapical radiographs of maxillary anterior region at 2 months (A) and 3 months (B).



Figure 4. The treatment progress. **A**, Intraoral photographs at 10 months. Note the sinus tract and cervical root resorption distal to the right central incisor cervical region. **B**, Intraoral photographs at 12 months. **C**, Periapical radiograph at 10 months. **D**, Periapical radiograph at 12 months. Note the progression of root resorption.

시행하였다. 발치 후에는 호선에 임시 치아를 부착한 상태로 교정치료를 마무리하였다.

약 24개월째, 교정치료를 완료하였으며 하악 전치부에는 고정식 유지장치를 부착하였다. 상악은 가철식 유지장치를 일시적으로 사용하다가 보철치료 완료 후 고정식 유지장치를 부착하기로 하였다(Figure 5A). 임플란트 식립 시 수직적 골 결손을 극복하고 협측 치조골을 보강하기 위해 비흡수성 차폐막을 이용한 골이식(autogenous bone + bio-oss)을 함께 진행하였다. 식립 5개월 후 2차 수술 진행 시 healing abutment 체결과 함께 차폐막을 제거하였으며, 8개월 후 customized ceramic coated abutment와 최종 보철물을 장착하였다. 치료 종료 후 8개월째, 임플란트 최종 보철물 장착 직후 교정과에 재내원하였을 때 임플란트와 좌측 중절치의 경미한 배열 부조화가 관찰되었다. 따라서 임플란트의 보철물의 형태에 맞춰 인접치의 재배열을 약 1개월간 추가 시행하였다(Figure 5B).

교정치료와 상악 우측 중절치 임플란트 수복 후 전치부는 조화롭게 배열되었으며 이상적인 수직피개, 수평피개, 견치와 구치의 I급 관계 확보로 안정된 교합을 형성하였다. 상악 전치부의 임플란트 수복과 노출도가 증가되어 미소선(smile arc)이 개선되었다. 하지만 임플란트 주변 치간 유두의 소실로 인한 치간 공극(black triangle) 및 인접치의 순측 치은 퇴축이 관찰되었다(Figure 6). 파노라마 방사선사진에서 전체적으로 양호한 치근의 평행이 관찰되었으며 측면 두부계측방사선사진을 통해 교합 및 측모의 개선을 확인하였다(Figure 7). 치료 전후 측면 두부계측방사선사진 중첩 결과, 상악 전치부의 조절성 후방 경사 이동, 하악 전치부의 압하 및 후방 치체 이동으로 돌출이 해소되었으며 구치부의 전후방적 부조화가 개선되었다(Figure 8).

치료종료 10년 후에도 교합은 안정적으로 유지되었다. 임플란트 완료 후 관찰되었던 양측 중절치 치은연의 높이 차이 및 치간 공극은 개선되었으며 임플란트와



Figure 5. **A**, Intraoral photographs after treatment. **B**, Intraoral photographs immediately after implant restoration.



Figure 6. Posttreatment intraoral photographs.

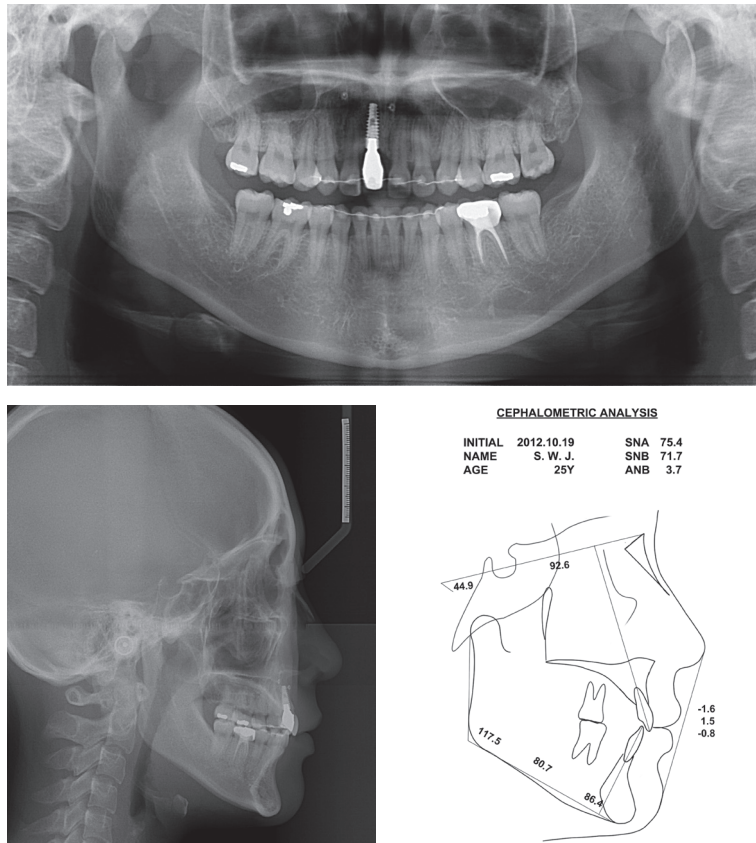


Figure 7. Posttreatment radiographs and cephalometric tracing.

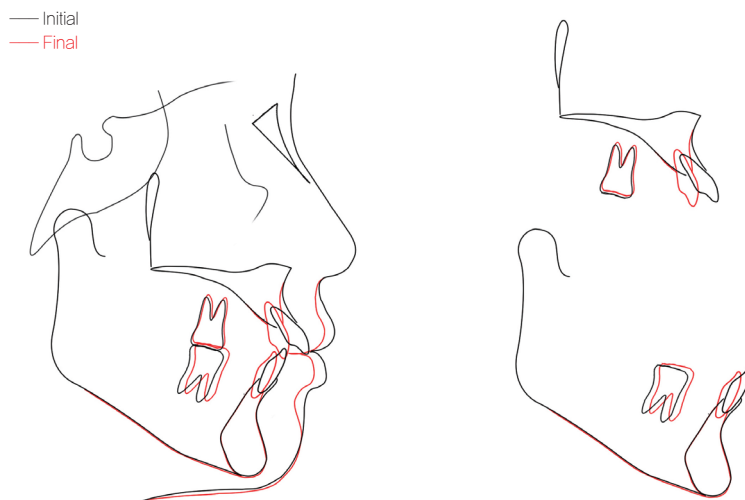


Figure 8. Cephalometric superimposition of pre- and posttreatment.



Figure 9. Intraoral photographs at 10-year follow-up.

자연치 주변의 치은 형상은 자연스럽게 어우러져 심미성을 회복할 수 있었다(Figure 9).

고찰

본 증례에서는 상악 중절치의 유착과 돌출로 인해 소구치 및 유착치의 발치를 시행한 교정치료과정과 10년에 걸친 안정성 및 예후 평가를 통해 교합과 전치부 임플란트 주변 환경의 장기적인 변화를 확인하였다.

상악 중절치는 재식의 병력, 저위, 변색 등이 동반되고, 치주 인대강이 불분명하여 초진 시부터 임상적으로 유착이 의심되었다. 유착치의 경우 교정력을 부여하여도 치아 이동이 제한되고 점진적인 내흡수나, 치근 흡수가 동반될 수 있다.^{15,16} 따라서 치료 초기에 상악 전치부의 배열 시 유착치에도 교정력을 일부 부여하여 유착을 확진함과 동시에¹⁷ 치근의 변화를 추적하여 예후가 불량할 수 있음을 확인하고 발치 여부를 결정하였다.

전치부 단일 임플란트는 100%에 가까운 생존율을 보이며^{18,19} 10년 후에도 90%가량 유지되는 장기적 안정성이 입증된 술식이다.^{20,21} 하지만 상악 중절치의 경우, 임플란트 골유합(osseointegration)의 성공뿐 아니라 인

접치와의 조화, 치은 조직의 심미성 여부가 매우 중요하다. 본 증례의 경우 임플란트 식립과 최종 보철물 장착 직후 인접 자연치의 치은 퇴축과 치간 유두의 소실이 관찰되었으나 시간에 따른 치유 및 심미적인 개선이 확인되었다(Figure 10).

Jemt의 유두 지수(papilla index)²²에 기반하여 연조직의 변화를 추적해보면, 임플란트 1차 수술 직후는 치간 유두가 중절치 사이 공간을 완전히 채우고 있어 score 3에 해당하였으나(Figure 10B) 2차 수술과 임시 보철물 장착 이후에는 치간 유두가 절반 이하로 소실되어 score 1로 평가되었다(Figure 10C). 그러나 약 1년 후에는 설면에서부터 치간 유두가 차오르는 소견이 관찰되었으며, 이후에도 지속적인 개조로 인해 치간 공간의 순측면까지 회복되어 5년 후에는 score 3으로 재평가되었다. 이와 더불어 좌측 중절치의 치은 퇴축 양상도 개선되었으며 치료 종료 10년 후에는 임플란트와 자연치 주변의 치은 형상이 자연스럽게 어우러짐을 확인할 수 있었다(Figure 10D-F).

치근단 방사선사진상에서도 임플란트와 인접치의 치조골 높이는 안정적으로 유지되고 있었다(Figure 11). 치간 유두의 높이는 인접면 치조골 높이와²³ 시간의 경

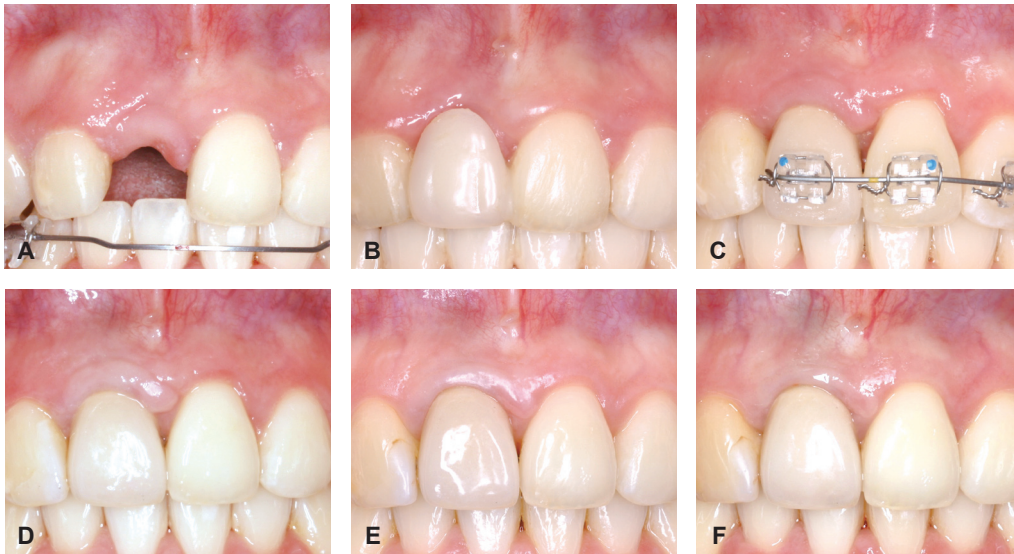


Figure 10. Serial intraoral photographs. **A**, After extraction. **B**, Immediately after implant placement. **C**, After final restoration (8 M after implant placement). **D**, 15 months after implant placement. **E**, 5-year follow-up. **F**, 10-year follow-up.

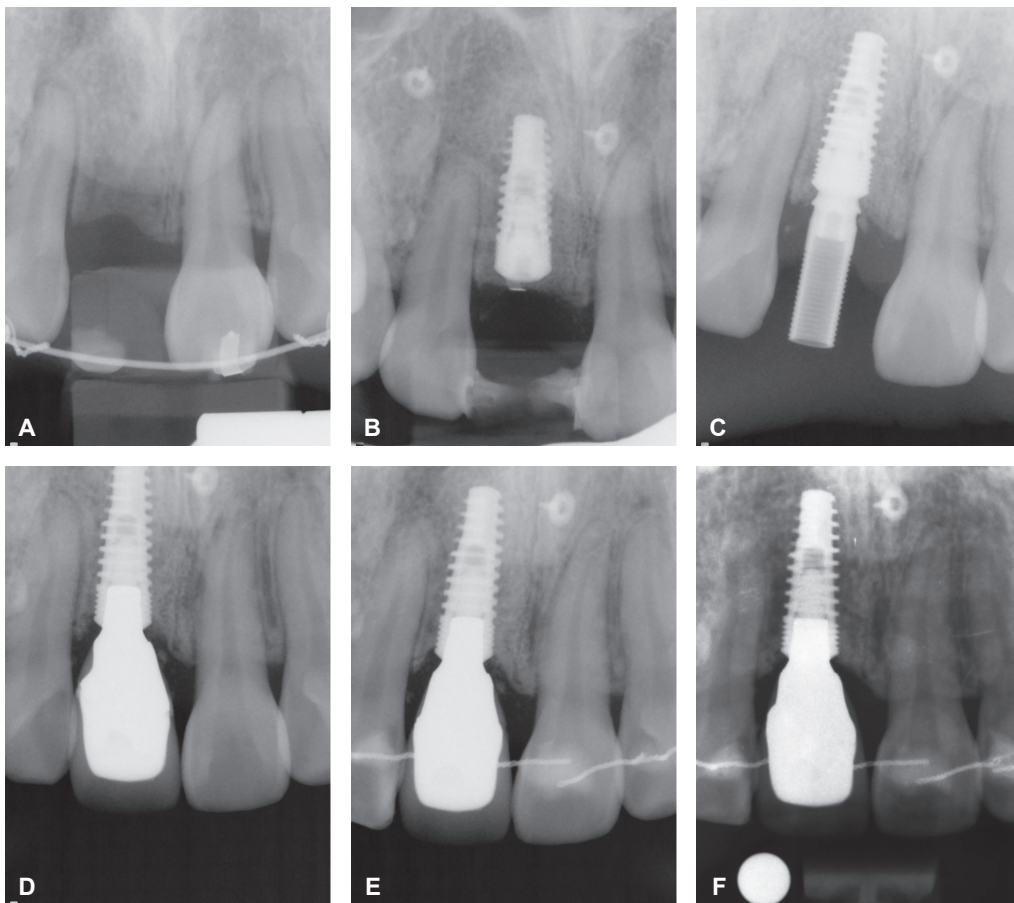


Figure 11. Serial periapical radiographs of the maxillary anterior region. **A**, After extraction. **B**, 2 months after implant placement. **C**, 5 months after implant placement. **D**, After final restoration (8 M after implant placement). **E**, 15 months after implant placement. **F**, 10-year follow-up.

과에 따른 치간 유두의 개조에 영향을 받으며,^{24,25} 임플랜트와 인접 자연치 사이의 접촉점에서 치조골까지의 거리가 5 mm 이하인 경우 치간 유두는 거의 100%, 6 mm 이하일 때에는 50% 이하로 차오른다고 보고되고 있다.²⁶ 본 증례의 경우 임플랜트 식립 후 접촉점에서 치조골까지의 거리는 약 5.5 mm로 비교적 예후가 양호할 것으로 예상되었으며, 식립 후 10년간 임플랜트 주변의 치조골이 잘 유지되었고, 구강 위생 관리 또한 양호하였다. 따라서 임플랜트 식립 시, 연조직 거상 등에 따른 치간 유두의 소실과 치은 퇴축이 장기적인 치유 및 개조를 통해 점진적으로 개선된 것으로 판단된다.

다학제간 협진 치료가 필요한 경우 교정의는 진단과 치료계획 수립부터 치료과정뿐 아니라 종료 후 유지까지 원활한 협진을 조율하고 안정성과 심미적인 결과의 유지를 위해 정기적인 관리를 담당하게 된다. 특히 상악 전치부의 발치나 수복치료가 동반되는 경우라면 심미적인 측면에서의 추가적인 고려사항과 배려가 필요할 것이다. 본 증례의 경우, 골 결손부의 치조골 변화와 상악 중절치 발치로 인한 환자의 불편감을 최소화하기 위해 교정치료 중에는 유착치를 유지하다가 최종적인 임플랜트 식립 시점에 맞추어 발치를 시행하였다. 하지만 교정치료를 통한 인접 치아의 후방 이동이 진행될수록 저위된 유착치의 비심미성이 부각되어 유착치의 순측과 절단면에 레진을 이용한 임시 수복을 시행하고 주기적으로 형태를 수정하거나, 유착치의 돌출감으로 인해 호선을 이에 맞게 밴딩해야 하는 등의 임상적인 번거로움이 있었다. 또한 교정치료 직후, 결손부 좌측으로는 고정식 유지장치를 부분적으로 부착하고 임시 가철식 유지장치를 사용하도록 하였으나, 약 8개월 후 임플랜트 시술 및 수복물이 최종 완료된 후에는 상악 좌측 중절치와 임플랜트 보철물 간의 경미한 배열 부조화가 관찰되었다. 따라서 임플랜트의 보철물의 형태에 맞춰 인접치의 재배열을 약 1개월간 추가 시행한 뒤 최종적으로 고정식 및 가철식 유지장치를 다시 제작하여 사용하였다. 이렇듯, 다학제 간 협진 치료에 따른 일부 번거로움

이 있었지만, 치료 후 유지 및 관리를 지속적으로 시행하고 추적하는 교정의의 장점을 살려 교합과 심미성뿐 아니라 임플랜트 주변의 경조직 및 연조직의 형태학적 개선 양상을 장기적으로 추적할 수 있었다.

결론

본 증례를 통해 유착된 상악 중절치를 임플랜트로 대체한 발치 치료과정과 10년간의 장기적인 변화양상을 추적하여 교합의 안정성과 전치부 임플랜트 주변의 심미적인 개선을 확인하였다.

Acknowledgments

본 논문은 2020년도 교육부의 재원으로 학술연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2020R1F1A1075236).

REFERENCES

1. Andreasen JO, Andreasen FM, Bakland LK, Flores MT. Traumatic dental injuries: a manual. Copenhagen: Munksgaard; 1999, p.9-11.
2. Kania MJ, Keeling SD, McGorray SP, Wheeler TT, King GJ. Risk factors associated with incisor injury in elementary school children. *Angle Orthod* 1996;66:423-432.
3. Albers DD. Ankylosis of teeth in the developing dentition. *Quintessence Int* 1986;17:303-308.
4. Andersson L, Lindskog S, Blomlof L, Hedstrom KG, Hammarstrom L. Effect of masticatory stimulation on dentoalveolar ankylosis after experimental tooth replantation. *Endod Dent Traumatol* 1985;1:13-16.
5. Biederman W, Chem B. Etiology and treatment of tooth ankylosis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1962;48:670-684.
6. Choi YJ, Shin S, Kim KH, Chung CJ. Orthodontic retraction of autotransplanted premolar to replace ankylosed maxillary incisor with replacement resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:514-522.

7. Kim Y, Park S, Son W, Kim S, Kim Y, Mah J. Treatment of ankylosed maxillary incisor by intraoral alveolar bone distraction osteogenesis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:215-220.
8. Kurol J. Impacted and ankylosed teeth: why, when, and how to intervene. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129(4 Suppl):S86-S90.
9. Steiner DR. Timing of extraction of ankylosed teeth to maximize ridge development. *J Endod* 1997;23:242-245.
10. Filippi A, Pohl Y, von Arx T. Decoronation of an ankylosed tooth for preservation of alveolar bone prior to implant placement. *Dent Traumatol* 2001;17:93-95.
11. Isaacson RJ, Strauss RA, Bridges-Poquis A, Peluso AR, Lindauer SJ. Moving an ankylosed central incisor using orthodontics, surgery and distraction osteogenesis. *Angle Orthod* 2001;71:411-418.
12. Czochrowska EM, Stenvik A, Album B, Zachrisson BU. Autotransplantation of premolars to replace maxillary incisors: a comparison with natural incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:592-600.
13. Czochrowska EM, Stenvik A, Bjercke B, Zachrisson BU. Outcome of tooth transplantation: survival and success rates 17-41 years posttreatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:110-119; quiz 193.
14. Turley PK, Crawford LB, Carrington KW. Traumatically intruded teeth. *Angle Orthod* 1987;57:234-244.
15. Finucane D, Kinirons MJ. External inflammatory and replacement resorption of luxated, and avulsed replanted permanent incisors: a review and case presentation. *Dent Traumatol* 2003;19:170-174.
16. Tronstad L. Root resorption--etiology, terminology and clinical manifestations. *Endod Dent Traumatol* 1988;4:241-252.
17. Mullally BH, Blakely D, Burden DJ. Ankylosis: an orthodontic problem with a restorative solution. *Br Dent J* 1995;179:426-429.
18. Zarb GA, Schmitt A. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants: the Toronto study. Part III: Problems and complications encountered. *J Prosthet Dent* 1990;64:185-194.
19. Henry PJ, Laney WR, Jemt T, Harris D, Krogh PH, Polizzi G, Zarb GA, Herrmann I. Osseointegrated implants for single-tooth replacement: a prospective 5-year multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:450-455.
20. Chang M, Wennström JL, Odman P, Andersson B. Implant supported single-tooth replacements compared to contralateral natural teeth. Crown and soft tissue dimensions. *Clin Oral Implants Res* 1999;10:185-194.
21. Haas R, Polak C, Fürhauser R, Mailath-Pokorny G, Dörtbudak O, Watzek G. A long-term follow-up of 76 Bränemark single-tooth implants. *Clin Oral Implants Res* 2002;13:38-43.
22. Jemt T. Regeneration of gingival papillae after single-implant treatment. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1997;17:326-333.
23. Chang M, Wennström JL. Soft tissue topography and dimensions lateral to single implant-supported restorations. a cross-sectional study. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:556-562.
24. Henriksson K, Jemt T. Measurements of soft tissue volume in association with single-implant restorations: a 1-year comparative study after abutment connection surgery. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004;6:181-189.
25. Cardaropoli G, Lekholm U, Wennström JL. Tissue alterations at implant-supported single-tooth replacements: a 1-year prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:165-171.
26. Choquet V, Hermans M, Adriaenssens P, Daelemans P, Tarnow DP, Malevez C. Clinical and radiographic evaluation of the papilla level adjacent to single-tooth dental implants. A retrospective study in the maxillary anterior region. *J Periodontol* 2001;72:1364-1371.