

투고일 : 2014. 7. 16

심사일 : 2014. 7. 16

게재확정일 : 2014. 8. 12

최신 교정치료에서의 Skeletal Temporary Anchorage Devices (TADs)의 적용과 해부학적 고려사항

¹가톨릭대학교 성빈센트 병원치과, ²서울대학교 치의학대학원 구강해부학교실
한 성 호¹, 신 혜 린¹, 박영석²

ABSTRACT

Application and anatomical considerations of skeletal temporary anchorage devices (TADs) in contemporary orthodontics

¹Division of Orthodontics, Department of Dentistry, St. Vincent's Hospital, Catholic university,
²Department of Oral Anatomy, Seoul National University School of Dentistry
¹Seong Ho Han, DMD, MSCR, ¹Hyerin Shin, DDS, ²Young-Seok Park, DDS, MSD, PhD

In contemporary orthodontic treatment skeletal temporary anchorage devices (TADs) are routinely used as an anchorage reinforcement to provide improved anchorage control with reduced requirement for patient's compliance. For past few decades, various types of TADs have been explored and their clinical application has been expanded. Therefore, the purpose of this article is to present three major types of orthodontic skeletal anchorage devices and discuss their rationale, clinical procedure, insertion site, and potential complications as well as their management.

Key words : orthodontic skeletal anchorage, miniscrew, miniplate, palatal plate

Corresponding Author

Young-Seok Park, DDS, MSD, PhD.

Department of Oral Anatomy,

Seoul National University School of Dentistry and Dental Research Institute,

101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 110-744, Korea

E-mail: ayoayo7@snu.ac.kr

Acknowledgements

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning(NRF-2013R1A1A2074617)

I. 서론

교정치료에서 치아가 이동함에 있어 고정원의 조절은 치료결과의 성패를 좌우하는 매우 중요한 요소이며

고정원의 원하지 않는 이동을 최소화하기 위해 많은 시도가 있어왔다. Temporary anchorage devices(TADs)는 교정치료에 도입된 이후 다양한 형태와 기법이 개발되었으며 전통적인 고정성 고정장

치와 구내 및 구외장치로는 해결될 수 없었던 불편감 또는 환자의 협조도 등의 문제를 상당부분 해소시켰으며, 근래에는 최대고정원으로서 그 사용범위가 확대됨에 따라 이와 함께 교정치료의 영역을 넓히는데 큰 기여를 했다. 이 논문에서는 다양한 형태의 TADs의 개념과 함께 임상적 적용, 식립위치, 합병증과 조절에 대한 연구논문들을 고찰하고자 한다.

1. 역사

교정치료에서 고정원을 조절하기 위해 구내장치뿐만 아니라 다양한 구외장치도 사용되어 왔는데 이는 일반적으로 환자의 협조도에 크게 의존해야 하고 구강 내에서의 미세한 치아이동을 조절할 수 없다는 점에서 한계점을 드러냈다. TADs는 이를 극복해 임상가들이 환자의 협조도에 의존하지 않고 바람직한 치료결과를 이끌어 내는데 큰 기여를 했으며 절대적인 고정원으로서의 역할을 해왔다. TADs에 대한 연구는 1945년에 Gainsforth와 Higley가 동물실험(개 하악지)에서 vitalium screw를 고정원으로 사용하면서 시작되었고, 이후 screw를 골고정원으로 쓰고자 하는 많은 시도가 있었으며¹⁻⁴⁾ 1988년 Shapiro와 Kokich가 보철용 임플란트를 고정원으로 사용한 교정치료에 대해 상세히 기술한 논문을 발표하였는데 이는 이후 수많은 임상가들에 의해 인용되었다⁵⁾. 하지만 보철용 임플란트는 식립 후 골유착(osseointegration)에 필요한 시간과 고비용, 제거시 수술적 접근 그리고 결손치 부위나 후구치, 구개부에 식립시에는 해부학적 제약이 큰 장애가 되었다. 1995년, Block 과 Hoffman은 hydroxapatite-coated onplant를 정중구개부에 위치시켜 고정원으로 사용한 교정치료 증례를 발표하였으며⁶⁾ Costa등은 titanium miniscrew를 이용한 plate 형태의 고정원에 대한 연구를 선보였다⁷⁾. 1999년, Umemori와 Sugawara등은 rigid fixation plate 사용기법을 기술한 논문을 발표하였는데⁸⁾ 이는 screw의 큰 약점인

loosening을 보완하여 위치의 안정성을 부여한다는 점에서 중요한 의미가 있었다.

2. 용도

TADs는 근래 들어 그 사용범위가 점차 확대되고 있으며, 현재는 발치공간 폐쇄, 과개교합의 완화, 경사진 교합평면 해결, 정중선 조정, 매복치 정출, 경사진 구치 uprighting, 구치 함입, 상악 구치의 원심이동, 전치부 후방이동, 제 3대구치 배열, 시상면에서의 약간 간격조절, 수직적 골성 간격 조절 등 광범위한 교정치료에 사용되고 있다.

3. 역학

TADs는 적용 방식에 따라 직접 또는 간접법으로 나뉘어진다. 먼저 직접법은 고정원으로부터 이동할 치아 또는 치아군에 직접 힘을 작용하는 것으로 그 예로 상악의 구치부 함입을 위해 구치부 협설면에 mini-implant를 식립하거나 관골부에 plate를 식립후 치아와 직접 연결하는 것이 있다. 이에 반해 간접법은 골고정원을 추가적인 고정원을 필요로 하는 치아에 연결하는 것으로 전통적인 교정역학을 바탕으로 하는 치아이동을 계획할 수 있다는 것이 장점이다.

II. TADs 종류

현재 교정치료에서 주로 사용되고 있는 TADs는 3가지로 screw type, plate type 그리고 palatal plate 가 있다.

1. Screw type

초기 교정치료를 위해 사용된 보철용 임플란트의 단

점인 골유착(osseointegration)을 위한 시간 소요, 수술적 접근, 고비용, 적절한 위치 선정의 어려움등을 해결하기 위해 다양한 형태, 크기의 screw가 개발되었고 용어 자체도 miniscrew, miniscrew implant, microscrew 등 다양한 이름이 사용되었다. 최근 miniscrew implant 또는 mini-implant 라는 용어가 우세하게 사용되고 있으며 이 논문에서는 mini-implant로 그 용어를 통일하고자 한다. 현재 thread 지름 1.2~2.0mm, 길이 6.0~12.0mm의 다양한 mini-implant 가 생산되고 있다(Fig. 1).

1) 생체적합성

최근 널리 사용되고 있는 mini-implant는 대부분 type IV 또는 type V titanium alloy로 만들어지며 Orthodontic Mini Implant(OMI, Leone S.P.A., Italy)가 Stainless Steel(SS)로 제작된다. Titanium alloy는 생체적합성이 뛰어나 높은 골유착을 보여주나 골파절시 고정을 위해 주로 쓰이는 SS는 titanium alloy와 다르게 screw와 골 계면 사이에 섬유조직이 존재하여 골유착을 방해하는 요소로 작용한다. 일부 논문에서는 mini-implant는 사용기간이 길지 않고 용이한 제거가 가능해야 하므로 골유합보다는 식립 초기 기계적 안정성이 더 중요하다고 주장한다⁹⁾.

2) 표면처리

고정성 implant는 골유착능을 높이기 위해 다양한 표면처리가 적용되어 왔다. 최근에는mini-implant는 교정치료 종료 후 제거를 용이하게 하기 위해서 낮은 골유착이 가능하도록 대부분 기계가공(machined) 표면처리된다. 하지만 sandblasted and acid-etching(SLA) 표면처리한 경우와 기계가공 표면처리를 한 mini-implant를 동물실험에서 비교한 결과, 즉시하중 하에서의 성공율에 큰 차이가 없었으나 안정성은 SLA에서 더 높게 나타났다고 하

였다¹⁰⁾.

3) 식립 순서

현재 사용되는 mini-implant 식립 방법은 2가지로 self-drilling과 self-tapping이 있다.11 Self-drilling은 pilot drilling을 하지 않고 식립할 수 있는 장점이 있으나, 피질골의 두께가 2mm이상인 하악구치부 및 후구치부, 상악 구개측은 pilot drilling을 하는 self-tapping에 의한 식립방법이 추천되기도 한다^{2, 13)}. 식립 순서는 다음과 같다. (1) 식립부위에 국소마취를 시행하며, 이때 치아가 아닌 연조직만이 마취될 정도의 소량의 마취로도 충분하다¹⁴⁾. (2)self-tapping에서는 식립부위의 연조직을 절개하거나 연조직 편치를 이용하여 식립부위의 연조직을 제거 후 1000rpm이하의 drilling으로 pilot hole을 형성하며, 이때 pilot hole의 크기는 통상 식립할 mini-implant보다 0.2~0.3mm정도 작다. 이후 스크류드라이버로 식립하며 30rpm이하의 속도가 추천된다^{14, 15)}. (3)self-drilling에서는 절개 또는 연조직의 제거 과정은 필요하지 않으며 직접 mini-implant를 식립한다. Self-drilling용으로 개발된 mini-implant는 경부에서 첨단으로 갈수록 직경이 감소하는 tapered형태이며 첨단부에 삭제연을 가지고 있어 바로 골에 식립할 수 있다.

4) 식립위치

Mini-implant의 식립위치는 치근사이 치조골과 상악에서는 anterior nasal spine, 구개골, 관골 또는 infrazygomatic crest, maxillary tuberosity, 하악에서는 symphysis, parasymphysis, retromolar pad 등이다. 치근사이 치조골 식립시에는 mucogingival junction에 가깝게 식립하며 식립시 피질골을 지나 해면골까지 식립되어야 길이에 따른 안정성이 증가하므로 무엇보다 피질골의 두께 및 골질이 중요하며 일반적으로 1mm이하의 피질골 두께에서는 1mm이상일 때보다 실패율이 높게 나타날 수

있다^{16, 17)}. 구개부에 식립하는 palatal implant는 뒤에서 언급될 palatal plate에서 논하고자 한다.

5) 합병증

Mini-implant 식립시 인접 치아의 치주인대 또는 치근, 신경, 혈관에 손상을 줄 수 있다. 식립 전 주변치근의 위치를 확인하여 식립위치를 정해야 하는데, 2011년 Kim HW이 발표한 동물실험에서는 치근표면과 mini-implant와의 간격이 1mm이내인 경우 치근흡수의 조직학적소견이 관찰되며 스크류 식립시 mini-implant와 치근표면 사이에 위치한 얇은 층의 치조골을 통해 압력이 가해짐으로써 치근흡수가 일어날 수 있다고 보았다¹⁸⁾. 식립시 치주인대가 손상된 경우 타진이나 저작시 통증을 호소하며, 냉온자극에 지각과민을 보인다면 치근손상의 가능성이 있으므로 이러한 경우 mini-implant는 제거되어야 한다^{1, 19)}. 손상된 치아는 치수손상여부에 따라 그 예후가 결정될 수 있으며²⁰⁾ Asscherickx는 2005년 동물실험에서 mini-implant에 의해 손상된 3개 치아의 치유과정을 조직학적으로 검사한 결과, 제거 후 12주 후 치주인대가 거의 치유되었다고 보고하였다²¹⁾.

Mini-implant 식립 후 큰 문제를 일으킬만한 합병증은 발생하지 않으나, 감염 또는 연조직의 과증식에 의한 불편감등이 있을 수 있다. 연조직의 감염 예방을 위해 mini-implant 식립시 가능한 각화치은 부위에 식립하는 것이 중요하며 비각화치은 또는 소대

부위는 피해야 한다. 또한, 식립 이후 점막의 증식으로 mini-implant 두부를 덮는 경우가 있을 수 있는데 이를 방지하기 위해 healing cap을 사용하거나¹⁾ 점막에의 헤스크류가 덮이도록 하되 결찰용철사나 attachment를 mini-implant 두부에 연결후 점막을 가로질러 구강내로 노출되도록 할 수 있다. 감염 예방을 위해 식립후 철저한 구강관리가 가장 중요하며 0.2% chlorhexidine 을 이용한 구강세척 및 0.2% Chlorhexidine 처리된 치실을 사용할 수 있다^{13, 19)}. 식립부위가 감염된 경우에는 적절한 항생제를 처방해야 한다¹⁾.

Mini-implant 식립 실패는 식립시 피질골의 충분한 두께가 허용되지 않아 안정성이 떨어지는 경우 주로 발생하며 mini-implant 주변 조직의 염증, 부적절한 위치에 의해서도 안정성이 떨어져 스크류가 이완되거나 탈락하는 경우가 있을 수 있다. Miyawaki에 의하면 구치부 협측 부위에 titanium mini-implant 식립시 지름 1.0mm 이하의 크기에서 안정성이 떨어지거나 탈락 가능성이 빈번하였다. 또한 큰 하악각을 가지는 환자는 종종 얇은 피질골인 경우가 있어 탈락의 가능성이 높을 수 있다고 하였다²²⁾. 최근 연구에 따르면 식립부위가 실패율에 큰 영향을 미쳤는데 하악지에서 가장 큰 실패율을 보였다²³⁾. mini-implant 제거시 경부가 좁거나 thread 지름이 1.2 mm 이하인 경우 스크류 파절이 있을 수 있는데, 이를 피하기 위해서는 두부 2.0mm 이상의 지름을 갖는

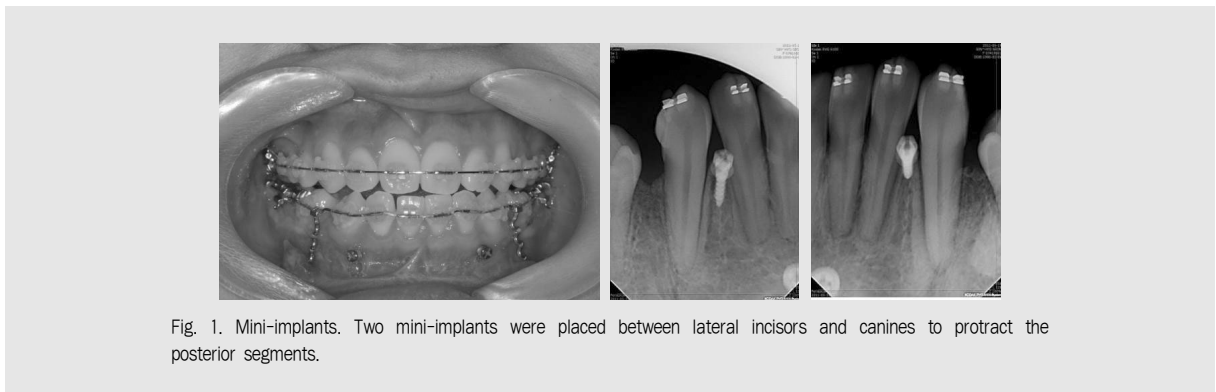


Fig. 1. Mini-implants. Two mini-implants were placed between lateral incisors and canines to protract the posterior segments.

mini-implant를 사용해야 할 수 있다^{13, 24, 25}.

2. Plate type

Plate type의 TAD's, 또는 miniplate는 1999년 Umemori가 하악 대구치에 L-shaped miniplate(Leibinger)를 이용하여 구치 함입을 이끌어낸 결과를 발표한 이후 널리 사용되었다. Mini-implant는 비부착치은에 식립시 실패가능성이 높고, 각화치은에 식립시에는 치근 손상 가능성과 함께 교정 치료 진행중 치아이동 방향에 따라 식립 위치가 제한되는 단점이 있다. 이에 비해 miniplate는 plate를 고정하는 screw 위치가 치근의 침단부와 어느정도 거리가 있어 치근손상 가능성이나 치아이동에 방해가 되지 않는다. 또한 mini-implant에 비해 큰 힘을 적용할 수 있어 안정적이다²⁶. 다만 판막수술이 병행되어야 하는 외과적 수술을 필요로 한다는 점에서 일반 임상가들이 접근하기에 쉽지가 않고 술후부종이 발생할 수 있어 환자의 불편감이 증가한다는 단점이 있다^{8, 27} (Fig. 2).

1) 식립과 제거순서

Miniplate의 식립순서는 다음과 같다²⁸. (1) 식립 부위에 국소마취를 한다. (2)식립부위에 L 형태의 절개선을 가하며 이때 절개선의 평행한 부분은 mucogingival junction에서 부착치은 1mm이내에

위치시킨다. 이는 구강내로 나오는 연결부가 부착치은에 위치되도록 하기 위함인데, 연결부가 가동조직에 있을 경우 염증이 발생하고 실패가능성이 높아진다. (3) 전충판막 박리로 골표면을 노출시키고, 골표면에 맞게 plate를 bending하여 위치시킨다. 특히 연결부가 구강내로 나오는 지점에서 골표면과 gap이 없도록 접촉되어야 하며 이는 연결부 부분에서 발생할 수 있는 임플란트 주위염으로 인한 열개를 방지한다. (4) hole에 screw를 위치시켜 조인다. 이때 토크는 발생하지 않도록 한다. (4) 식염수 세척 후 흡수성봉합사로 봉합한다. (5) 수술 1달 후에 힘을 가한다. (6) 제거는 식립보다 간단하며 절개 후 screw와 plate를 제거후 다시 봉합하도록 한다.

2) 합병증

술후관리에서 무엇보다 구강내위생이 가장 중요한 것으로 판단되며 한 연구에서는 titanium miniplate에서 비혈기성 세균 증식이 증가한다고 주장한 바 있다²⁹. 술후 통증보다는 부종에 의한 불편감이 많이 발생하는데 술전 항생제나 소염제의 처방이 이를 많이 감소시킨다. Titanium miniplate는 특히 코팅되지 않은 경우, 시간이 지날수록 골부착부에서 골의 과성장이 있을 수 있는데 이로 인해 제거시 screw의 저항이 증가하지는 않았다. 다만 간혹 과성장된 골이 screw를 덮어 제거시 문제가 될 수 있다²⁸.



Fig. 2 Miniplate. For en-masse retraction of the maxillary dentition, miniplates were placed under the zygomatic buttresses.

3) 식립부위

상악구치부에서는 관골주(zygomatic buttress)에 위치시키는 것이 가장 안정성이 있다³⁰⁾.

3. Palatal plate

Screw type의 TADs를 협측부위에 식립하여 고정원으로 사용하는 경우 이웃하는 치아의 치근손상 가능성 또는 좁은 작용반경의 문제가 있으며 miniplate는 이러한 screw type의 문제점을 해소시켰지만 외과적 수술이 필요하고 식립 후 견인력 적용 시까지 1달 이상 소요되는 시간이 단점이었다. 이에 반해 palatal plate는 식립 시 접근 용이성, 구개부의 풍부한 부착점막, 식립 후 바로 견인력을 가할 수 있고 외과적 수술 없이 교정 임상가들도 쉽게 식립할 수 있다는 점에서 최근 그 사용이 점차 증가하고 있다. Palatal plate에서 흔히 쓰이는 상부구조는 간접적 고정원인 transpalatal arch와 직접 고정원인 pendulum 장치, 그리고 coil spring이다. 2014년 Kook 등이 발표한 palatal plate는 전후방적으로 제 1대구치의 중심에 위치하는 palatal plate와 제 1대구치를 연결하는 SS 구개호선으로 구성되며, 양측에 notch가 있는 plate는 3개의 mini-implant에 의해 고정된다. 구개호선의 양측 견치부위의 hook에서 notch까지 탄성재를 결찰하여 견인한다³¹⁾(Fig. 3).

1) 식립위치

구개부에 mini-implant 식립시 주의해야 할 해부학적 구조는 비강, 비구개신경, 상악동 등이 있으며 이는 성공율에 중요한 영향을 미친다. 하지만 구개골은 위치에 따라, 사람에 따라 골두께가 다양하여 식립에 앞서 식립부위의 골량 및 골질에 대한 평가가 선행되어야 한다. 이에 대한 많은 연구가 행해졌는데 전통적으로 측방두개방사선사진을 이용한 평가가 대부분이었으나 좌우 해부학적 구조물의 중첩으로 어려움이 있었고, 또한 median palate는 측방두개방사선사진에서 실제보다 2mm 정도 더 낮게 측정되는 등의 오차가 있었다³²⁾. 최근에는 cone beam CT를 이용한 구개골 두께 및 골밀도에 대한 다양한 연구가 발표되고 있으며 King등은 incisive foramen 후방 4mm, 측방 3mm 정도가 적절하다고 하였고³³⁾ 그 외에도 다양한 위치가 제안되었다. 일반적으로 피질골 두께는 후방으로 갈수록, 측방으로 갈수록 감소하고 가장 많이 사용되는 식립부위는 midpalatal suture와 median palate로, 충분한 두께의 피질골로 안정성이 높고, 긴밀한 결합조직을 갖는 각화된 연조직이 분포되어 감염 및 불편감을 줄이는데 효과적이다. 단 골두께는 구개부의 측방부보다 얇아 짧은 길이의 mini-implant가 식립되어야 할 것이 제안되었다³⁴⁾. Palatal plate 식립을 위한 청소년과 성인의 구개골에 대한 연구에서 청소년은 전후방적으로 제 2소구치

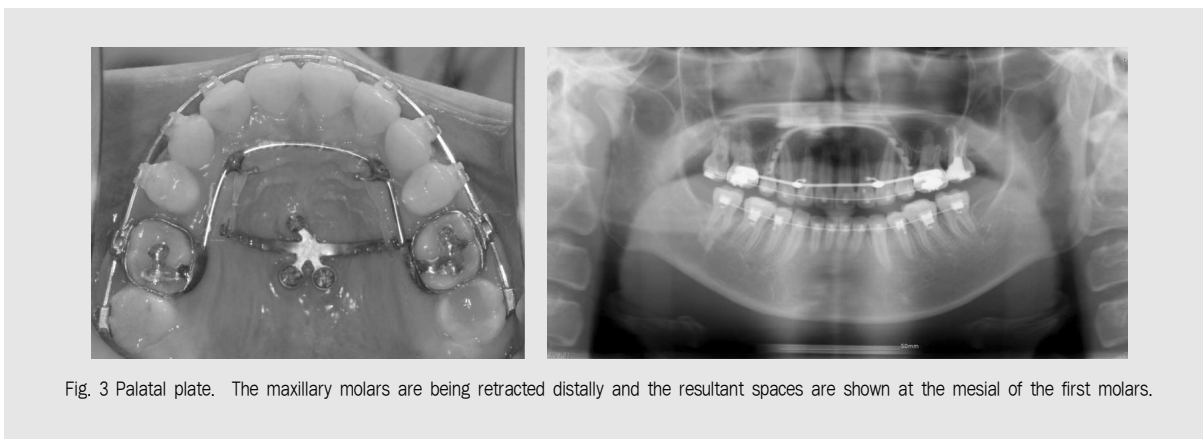


Fig. 3 Palatal plate. The maxillary molars are being retracted distally and the resultant spaces are shown at the mesial of the first molars.

위치가, 성인은 제 1대구치 위치가 제안되었다³⁵⁾. 또한 midpalatal suture는 상악 성장중심으로서 기능하므로 청소년의 경우 midpalatal suture가 아닌 median palate에 식립하는 것을 추천한다.

2) 합병증

식립 후 견인력 작용시 제 2,3 대구치의 존재여부가 논란이 되는데, Gianelley는 구치 근심이동 전에 제 3대구치 발치를 주장하였고³⁶⁾ 제 2대구치 맹출여부에 따라 제 1대구치의 tipping이 발생할 수 있다고 하였으며 이에 대해서는 논란의 여지가 있다³⁷⁾. 또한 식립 후 screw 부위에서 염증 또는 구개부 연조직 과성장이 발생할 수 있는데 screw tube가 있는 경우 염증 발생을 줄이는 효과가 있다. 또한 특정발음에 대한 불편감 또는 장치와의 마찰로 인한 혀의 불편감 또는 통증이 있을 수 있는데 이는 추가적인 처치 없이 2주 안에 대부분의 환자들이 적응되었다³¹⁾.

Ⅲ. 성공율에 영향을 미치는 요소

TADs는 적절한 식립부위 선택, 올바른 screw 지름과 길이, 초기 안정성, 감염 예방 및 조절하에 성공적인 유지가 이뤄질 수 있다. 하지만 골유착이 되는 보철용 implant가 95%의 성공율을 보이는 것과 달리 TADs는 더 낮은 85~100%의 낮은 성공율을 보인다³⁸⁾.

또한 성별, 식립부위에 따른 실패율의 차이는 없으나, 20대 이상의 환자와 비교하였을 때 20대 이하에

서 실패율이 더 높게 나타났고, 식립토크는 10Ncm 이상에서 더 높은 실패율을 보였다. 또한 하악이 상악보다 더 높은 실패율을 보이는데 이는 하악의 높은 골밀도로 인해 식립시 높은 토크가 작용하기 때문인 것으로 보인다. 39Miniplate는 92.7%의 성공율을 보였으며 palatal plate는 정중구개봉합부에 위치시키는 경우 90%의 성공율을, 다음으로 많이 사용되는 시상정중부에 식립시 84%의 성공을 보였다.

Ⅳ. 결론

TADs의 임상적 적용은 치아고정원의 조절을 증가시키고 환자의 협조도에 대한 의존성을 절감하는 동시에 다양한 역할을 가능케 함으로써 생물학적 치아이동의 범위를 확장시켜주는 결과를 가져왔다. 현재 널리 사용되고 있는 mini-implant, miniplate, 그리고 palatal plate type의 TADs 중 mini-implant type은 간단한 식립방법의 장점과 치근손상 가능성의 단점이 있는 반면, miniplate 및 palatal plate type은 치근손상의 우려를 최소화하였으나 그 식립 위치에 따라 다른 합병증의 양상을 보여준다. 따라서, TADs의 성공율을 높이고 환자의 불편함을 최소화한 성공적인 교정치료를 위해서는 식립위치에 따른 치아를 포함한 구강 내 해부학적 구조와 의도된 치아이동역학에 대한 이해를 바탕으로 한 TADs type의 선택이 필요하다.

참 고 문 헌

1. Gainsforth BL, Higley LB. A study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone. *Am J Orthod* 1945;31:406-17.
2. Linkow LI. The endosseous blade implant and its use of orthodontics. *J Orthod* 1969;18:149-54.
3. Sherman AJ. Bone reaction to orthodontic forces on vitreous carbon dental implants. *Am J Orthod* 1978;74:79-87.
4. Smith JR. Bone dynamics associated with the controlled loading of bioglass-coated aluminium endosteal implants. *Am J Orthod* 1979;76:618-36.
5. Shapiro PA, Kokich VG. Uses of implants in orthodontics. *Dent Clin North Am* 1988;32:539-50.
6. Block MS, Hoffman DR. A new device of absolute anchorage for orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107:251-8.
7. Costa A, Raffini M, Melsen B. Microscrew as orthodontic anchorage. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1998;13:201-9.
8. Umemori M, Sugawara J, Mitani H, et al. Skeletal anchorage system for open-bite correction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115:166-74.
9. Ryan N, Brown B, Brent E, Sexton. Comparison of stainless steel and titanium alloy orthodontic miniscrew implants: A mechanical and histologic analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:496-504.
10. Mo SS, Kim SH, Kook YA, Jeong DM. Resistance to immediate orthodontic loading of surface-treated mini-implants. *Angle Orthod* 2010;80:123-9.
11. Herman R, Cope JB. Miniscrew implants: IMTEC mini ortho implants. *Semin Orthod* 2005;11:32-9.
12. Carano A, Velo S, Leone P, Siciliani G. Clinical applications of the miniscrew anchorage system. *J Clin Orthod* 2005;39:9-24.
13. Melsen B. Mini-implants: where are we? *J Clin Orthod* 2005;39:539-47.
14. Kyung HM, Park HS, Bae SM, Sung JH, Kim IB. Development of orthodontic microimplants of intraoral anchorage. *J Clin Orthod* 2003;37:321-8.
15. Carano A, Leonardo P, Velo S, Incorvati C. Mechanical properties of three different commercially available miniscrews for skeletal anchorage. *Prog Orthod* 2005;6:82-97.
16. Bernard J, Costello, Ramon L, Ruiz, Joseph Petrone, Jacqueline Sohn. Temporary Skeletal Anchorage Devices for Orthodontics. *Oral Maxillofacial Surg Clin N Am*, 2010;22:91-105.
17. Motoyoshi M, Golland D, Roos M, Stawarczyk B. Accuracy of mechanical torque-limiting gauges for mini-screw placement. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:781-8.
18. Kim HW, Kim TW. Histologic evaluation of root-surface healing after root contact or approximation during placement of mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:752-60.
19. Manio BG, Mura P, Bednar J. Miniscrew implants: the Spider screw anchorage system. *Semin Orthod* 2005;11:40-6.
20. Melsen B, Verna C. Miniscrew implants: the Aarhus anchorage system. *Semin Orthod* 2005;11:24-31.
21. Asschericks K, Vannet BV, Wehrbein H, Sabzevar M. Root repair after injury from mini-screw. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:575-8.
22. Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:373-8.
23. Tseng YC, Hsieh CH, Chen CH, Shen YS, Huang IY, Chen CM. The application of mini-implants for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2006;35:704-7.
24. Mah J, Bergstrand F. Temporary anchorage devices: a status report. *J Clin Orthod* 2005;39:132-6.
25. Park Y, Lee SY, Kim DH, Jee SH. Intrusion of posterior teeth using miniscrew implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:690-4.
26. Kircelli BH, Pektas ZO, Uckan S. Orthopedic protraction with skeletal anchorage in a patient with maxillary hypoplasia and hypodontia. *Angle Orthod* 2006;76:156-63.
27. Chen YJ, Chang HH, Huang CY, Hung HC, Lai EHH, Yao CCJ. A retrospective analysis of the

참 고 문 헌

- failure rate of three different orthodontic skeletal anchorage systems. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:768-75.
28. Marie A. Cornelis, Nicole R. Sergio Siciliano, Modified miniplates for temporary skeletal anchorage in orthodontics: Placement and removal surgeries. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:1439-1445.
29. Choi BH, Zhu SJ, Kim YH. A clinical evaluation of titanium miniplates as anchors for orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:382-4.
30. De Clerck HJ, Cornelis MA. Biomechanics of skeletal anchorage. Part2: Class II nonextraction treatment. *J Clin Orthod.* 2006;40:290-8.
31. Kook YA, Mohamed bayome, Vu Thi Thu Trang, Hye-Jin Kim, Park JH, Treatment effects of a modified palatal anchorage plate for distalization evaluated with cone-beam computed tomography, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;146:47-54.
32. Wehrbein H, Merz BR, Diedrich P. Palatal bone support for orthodontic implant anchorage ? a clinical and radiological study. *Eur J Orthod.* 1999;21: 65-70.
33. King KS, Lam EW, Faulkner MG, Heo G, Major PW. Predictive factors of vertical bone depth in the paramedian palate of adolescents. *Angle Orthod.* 2006;76: 745-751.
34. Ren-fa Lai, Hui Zou, Wei-dong Kong, Applied anatomic site study on palatal anchorage implants using Cone Beam Computed Tomography. *Int J Oral Sci.* 2010;2:98-104.
35. Han S, Mohament Bayome, Lee JW, Song HH, Kook YA, Evaluation of palatal bone density in adults and adolescents for application of skeletal anchorage device, *Angle Orthod.* 2012;82:625-631.
36. Gianelly AA, Vaitas As, Thomas WM, Berger DG. Distalization of molars with repelling magnets. *J Clin Orthod* 1988;22:40-4.
37. Bolla E, Muratore F, Carano A, Bowman SJ. Evaluation of maxillary molar distalization with the distal jet: a comparison with other contemporary methods., *Angle Orthod* 2002;72:481-94.
38. Papadopoulos MA, PaPageorgiou SN, Zogakis IP, Clinical effectiveness of orthodontic miniscrew implants: a meta-analysis. *J Adv Prosthodont* 2011;90:969-76.
39. Motoyoshi M, Yoshida T, Ono A, shimizu N. Effect of cortical bone thickness and implant placement torque on stability of orthodontic mini-implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:779-84.