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

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

# 성장기 환자에서의 미니스크류 보강형 급속 구개확장 효과의 전향적 무작위 평가

연세대학교 대학원

치 의 학 과

오 선 미

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

# 성장기 환자에서의 미니스크류 보강형 급속 구개확장 효과의 전향적 무작위 평가

지도교수 이 기 준

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2016년 12월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

오 선 미

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

# 오선미의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 이 기 준 인

심사위원 한 상 선 인

심사위원 최 윤 정 인

## 연세대학교 대학원

2016년 12월 일

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

# 감사의 글

논문이 완성되기까지 부족한 제자를 항상 세심한 지도와 따뜻한 격려로 이끌어주신 이기준 지도교수님께 진심으로 감사드립니다. 또한 귀중한 시간을 내주시어 많은 관심과 조언을 아끼지 않으신 한상선 교수님, 최윤정 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 연세대학교에서의 배움의 기회를 주시고 깊은 깨우침과 가르침을 주셨던 백형선 교수님, 황충주 교수님, 유형석 교수님, 정주령 교수님, 김경호 교수님, 차정열 교수님께도 진심으로 감사드립니다.

논문을 위해 귀중한 시간을 내어 도움을 주셨던 천주희 선생님, Amanda, 김기열 교수님, 정회인 선생님께도 감사의 마음을 전합니다. 그리고 대학원 시절 옆에서 큰 힘이 되어준 친구, 노경진 선생님에게도 진심으로 감사드립니다.

나이 마흔이 되어도 항상 걱정을 끼쳐드리는 부족한 딸을 한결같은 사랑으로 보살펴 주시는 부모님과, 논문 핑계로 많은 시간 못 놀아 주어도 방긋 웃어주는 든든한 아들과 돌쟁이 예쁜 딸, 그리고 항상 든든하게 버팀목이 되어주는 사랑하는 남편에게 고마운 마음을 전합니다.

2016 년 12 월 저자 씀

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

# 차 례

표 및 그림 차례 ..... ii
국 문 요 약 ..... iii

I. 서 론 ..... 1

II. 연구대상 및 방법 ..... 5
1. 연구대상 ..... 5
2. 연구방법 ..... 7
2.1 장치의 디자인과 임상적 적용 ..... 7
2.2 자료의 수집 ..... 9
2.3 예비 검사 ..... 10
2.4 계측 ..... 11
2.5 계측치의 분석 및 통계처리 ..... 20

III.연구 결과 ..... 21
1. 조사자 내 오차 검정 ..... 21
2. 확장 전, 후 골격성 및 치아 치조성 횡적 계측치의 변화 ..... 21
2.1 치아 지지형 RPE 군과 MARPE 군의 확장 전, 후 변화 ..... 21
2.2 치아 지지형 RPE 군과 MARPE 군의 확장 전, 후 변화의 비교 ..... 22
3. 확장 전, 후 치아 및 치조골의 경사도 변화 ..... 23
3.1 치아 지지형 RPE 군과 MARPE 군의 확장 전, 후 변화 ..... 23
3.2 치아 지지형 RPE 군과 MARPE 군의 확장 전, 후 변화의 비교 ..... 23
4. 확장 전, 후 치조골의 두께와 높이 변화 ..... 24
4.1 치아 지지형 RPE 군과 MARPE 군의 확장 전, 후 변화 ..... 24
4.2 치아 지지형 RPE 군과 MARPE 군의 확장 전, 후 변화의 비교 ..... 25
5. 전방 고정원 치아의 치조골의 두께와 높이 변화에 영향을 주는 요인 분석 ..... 29

IV.고 찰 ..... 31

V. 결 론 ..... 39

참고문헌 ..... 41
Abstract ..... 46

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

# 표 및 그림 차례

Table 1. Demographic features of subjects..... 6
Table 2. Definition of measurements..... 12
Table 3. Intragroup comparison between the pre- (T0) and postexpansion (T1) stages of tooth-borne RPE..... 26
Table 4. Intragroup comparison between the pre- (T0) and postexpansion (T1) stages of MARPE..... 27
Table 5. Intergroup comparison of treatment changes between the tooth-borne RPE group and the MARPE group..... 28
Table 6. Factors affecting changes of alveolar bone in anterior anchor teeth ..... 30

Fig 1. Appliances for the rapid palatal expansion ..... 8
Fig 2. Preliminary study..... 10
Fig 3. Re-orientation of images. ..... 11
Fig 4. Measurement of AE. ..... 13
Fig 5. Measurements of NW, NFW, MW, ACW, IDW, IAW..... 15
Fig 6. Measurements of DI, AI..... 17
Fig 7. Measurement of BBPT, PBPT. ..... 18
Fig 8. Measurement of BACL..... 19
Fig 9. The diagram of transverse expansion on the coronal section of the maxillary 1st molar..... 22

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

**국 문 요 약**

# 성장기 환자에서의 미니스크류 보강형 급속 구개확장 효과의 전향적 무작위 평가

< 지도교수: **이 기 준** >
연세대학교 대학원 치의학과

**오 선 미**

본 연구는 구개확장 치료가 필요한 성장기 환자를 대상으로 치아 지지형 급속 구개확장(tooth-borne rapid palatal expansion; 치아 지지형 RPE)과 미니스크류 보강형 급속 구개확장(miniscrew assisted rapid palatal expansion; MARPE) 치료의 확장 효과를 비교하여 봄으로써, 미니스크류의 유, 무에 따른 초기 확장 효과의 차이를 알아보기 위해 전향적으로 시행되었다.

경추골 성숙도 지표(cervical vertebral maturation index; CVMI)를 근거로 성장기(CVMI 1~5)의 환자 총 16명을 치아 지지형 RPE군(8명, 평균 연령 9.4세)과 MARPE군(8명, 평균 연령 11.5세)으로 무작위로 나누고, 확장 전, 후 저선량 모드의 cone beam computed tomography(CBCT) 촬영을 하여, 전후방

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

고정원 치아에서의 골격성 확장과 치아 치조성 확장, 치아와 치조골의 경사도 변화, 치조골의 두께와 높이 변화를 분석하였다.

1. 확장 전, 후 골격성 및 치아 치조성 횡적 계측치의 변화를 살펴본 결과, 두 군 모두 유의한 골격성 및 치아 치조성 확장이 발생하였으며($p < .001$), 두 군 사이 확장량의 유의한 차이는 없었다.
2. 확장 전, 후 치아 및 치조골의 경사도 변화를 살펴본 결과,
   (1) 두 군 모두 제1대구치에서 치아 및 치조골의 협측 경사가 유의하게 증가하였다($p < .01$).
   (2) 두 군 사이 제1대구치에서 치조골의 경사도 변화는 유의한 차이가 없었으나, 치아의 협측 경사는 MARPE군에서 3.27°, 치아 지지형 RPE군에서 4.80° 증가하여 MARPE군이 유의하게 더 작았다($p < .05$).
3. 확장 전, 후 치조골의 두께와 높이 변화를 살펴본 결과,
   (1) 두 군 모두 고정원 치아의 협측 치조골 두께가 유의하게 감소하였고($p < .01$), 구개측 치조골 두께는 유의하게 증가하였으며($p < .01$), 협측 치조골 높이는 유의하게 감소하였다($p < .05$).
   (2) 두 군 사이 협측 치조골 두께 변화는 제1대구치에서 유의한 차이가 없었으나, 전방 고정원 치아에서는 MARPE군에서 0.37 mm, 치아 지지형 RPE군에서 0.73 mm 감소하여 MARPE군이 유의하게 더 작았다($p < .01$). 협측 치조골 높이 변화는 전, 후방 고정원 치아에서 유의한 차이가 없었다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

4. 치아 지지형 RPE군에서 전방 고정원 치아의 협측 치조골 두께 감소는 환자의 연령이 높을수록, 초기 협측 치조골의 높이가 낮을수록 유의하게 크게 나타났다($p < .05$). 반면, MARPE 군에서는 전방 고정원 치아의 협측 치조골 두께 및 높이 변화와 환자의 연령, 초기 협측 치조골 두께, 초기 협측 치조골 높이 사이에 어떠한 상관관계도 발견되지 않았다.

성장기 환자에서 치아 지지형 RPE와 MARPE는 모두 효과적인 급속 구개확장 장치이다. 그러나, MARPE군에서 제1대구치의 협측 경사 및 전방 고정원 치아의 협측 치조골 두께 감소량이 치아 지지형 RPE군보다 작았다. 즉, 치아 지지형 RPE에 미니스크류를 보강하는 것은 총 확장량은 유지하면서, 전방 고정원 치아의 불리한 치조골 변화를 감소시킬 수 있다.

---

핵심 되는 말: 횡적 부조화, 미니스크류 보강형 급속 구개확장, MARPE, CBCT, 성장기

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

# 성장기 환자에서의 미니스크류 보강형 급속 구개확장 효과의 전향적 무작위 평가

< 지도교수: 이 기 준 >
연세대학교 대학원 치의학과

**오 선 미**

## I. 서 론

상하악 악골의 횡적 부조화를 야기하는 협소한 상악은 치과교정과에서 자주 접하게 되는 문제 중 하나로 보통 편측 혹은 양측의 구치부 교차교합, 좁은 비강, 치아의 총생, 상악 견치의 매복 등을 동반하게 된다(Baccetti et al., 2009; Harrison and Ashby, 2001; Ramires et al., 2008). 이러한 문제의 해결을 위해 급속 구개확장 장치가 많이 사용되는데, 임상에서 많이 이용되는 치아 지지형 급속 구개확장 장치(tooth-borne rapid palatal expansion; 치아 지지형 RPE)는 구개골을 벌리기 위해 잭스크류로부터 가해지는 센 힘이 상당부분 치열과 치조골에 직접적으로 전달되어 악정형적 확장효과가 떨어지고, 과도한 구치부

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

치아의 협측 경사, 치근 흡수, 협측 치조골의 개창(fenestration) 및 열개(dehiscence) 등 바람직하지 못한 효과를 발생시킬 수 있다(Baysal et al., 2012; Erverdi et al., 1994; Rungcharassaeng et al., 2007; Schuster et al., 2005).

급속 구개확장 치료의 부작용에 대한 우려는 환자의 연령이 증가할수록 커진다. Melsen(Melsen, 1975)은 조직학적 연구에서 정중구개봉합의 유합과 골성 가교 형성이 환자의 성장과 함께 점점 더 복잡하게 진행되어, 환자의 연령이 증가할수록 정중구개 봉합의 악정형적 확장이 어려워진다고 하였다. 이후 많은 연구에서 구개확장의 최적 시기는 사춘기 최대 성장 이전이며, 그 이후의 환자에서는 결과의 예측이 불가능하고 안정적이지 못하다고 보고되었다(Baccetti et al., 2001; Bishara and Staley, 1987). 그러나 CT영상을 통해 기존에는 불가능하였던 치조골의 두께나 높이 변화 등의 관찰이 가능해지면서, 성장기 환자들의 급속 구개확장 치료에서도 상당량의 치성적 확장이 일어나며, 이로 인하여 고정원 치아의 협측 치조골 두께가 감소하고 치조골 열개가 발생하는 것이 관찰되었다(Garib et al., 2006; Garib et al., 2005; Gunyuz Toklu et al., 2015; Kartalian et al., 2010; Krebs, 1964)

최근 임플란트가 전반적인 치과 영역에 널리 이용되면서 급속 구개확장 치료에도 임플란트를 고정원으로 활용하여 치아 지지형 급속 구개확장 치료의

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

부작용을 줄이려는 연구가 많이 이루어지고 있다. Lee 등(Lee et al., 2010)은 미니스크류 보강형 급속 구개확장 장치(miniscrew assisted rapid palatal expansion; MARPE)를 도입하여 성인에서 수술 없이 성공적인 구개확장 치료를 보고하였다. 이 장치는 치아 지지형 RPE에 네 개의 미니스크류를 전후방으로 식립하고 견고한 와이어로 확장장치와 연결함으로써 고정원 치아에 가해지는 힘을 골성 고정원을 통해 상악골에 분산시켜 치아, 골-지지를 얻어냄으로써 치주에 위해를 줄이면서 악정형적 효과를 극대화하고자 도입되었다. 이후, 성인을 대상으로 장치의 효과, 치료의 안정성 및 치주적 영향을 평가하는 연구들에서 성공적인 치관부 확장과 임상적으로 받아들일만한 수준의 치주적 변화가 보고되었다(Choi et al., 2016b; Lee et al., 2010; 임현묵, 2015). 그러나 성장기 환자의 구개확장 치료에서 일반적으로 사용되는 치아 지지형 구개확장 장치와 비교하여 유의한 확장 효과가 있는가에 관하여는 아직 밝혀진 바 없다. 따라서 치아 지지형 구개확장 장치와 MARPE의 초기 확장 효과를 비교하여 봄으로써 두 장치 사이에 유의한 확장 효과의 차이가 존재하는지 알아봄과 동시에, 미니스크류의 유, 무에 따른 초기 확장 효과의 차이를 통해 미니스크류의 역할을 규명해보는 과정이 필요하다.

성인에 비해 소아나 청소년은 성장기로 방사선 감수성이 높으므로 선량의 영향을 많이 받을 수 있다(Prins et al., 2011). 따라서 본 연구에서는 CBCT 설정을 저선량 모드로 하여 환자의 불필요한 방사선 노출을 줄이기 위해

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

노력하였다(Palomo et al., 2008). 저선량 모드의 CBCT 영상이 본 연구를 위해 적절한 해상도를 제공하는지 알아보기 위해 인간의 두개골을 이용한 예비 연구를 수행하여 저선량 CBCT 영상을 통한 계측에 문제가 없음을 확인하였다. 기존의 모델 계측 방법은 치관의 길이를 측정함으로써 부착 소실을 평가하는데, 이는 치관의 마모나 치은 증식, 치주낭, 그리고 치조골 열개 등을 고려하지 못한다. 또한 측면 두부 방사선 사진과 정모 두부 방사선 사진에서는 상들의 간섭과 명확하지 못한 경계로 인해 정확한 계측점의 식별이 어려워 정량적 비교, 평가 연구에 한계가 있었다(Cross and McDonald, 2000; Handelman et al., 2000). 이에 반해 CBCT는 상의 왜곡이나 중첩 없이 협, 설측 치조골의 변화와 치아 이동 양상에 대해 정확하고 정량적인 평가가 가능하다(Alves et al., 2008; Kau et al., 2005; Mah et al., 2010).

본 연구의 목적은 구개확장 치료가 필요한 성장기 환자를 대상으로 치아 지지형 RPE와 MARPE 치료의 골격성 및 치아 치조성 확장 효과를 비교하여 봄으로써, 미니스크류의 유, 무에 따른 초기 확장 효과의 차이를 알아보는 것이다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

# Ⅱ. 연구대상 및 방법

## 1. 연구대상

본 연구는 2016년 3월부터 연세대학교 치과대학병원 교정과에서 상악 협소로 진단되어 구개확장 치료가 필요한 성장기 환자를 대상으로 전향적으로 실시되었으며, 연세대학교의 IRB 승인을 받아 진행되었다.

연구대상의 선정기준은 다음과 같다. (1) 상악 협소로 치아의 심한 과밀, 상악 견치의 이소맹출 등으로 인하여 인접 치아의 손상이 예상되는 환자로 CBCT 촬영이 요구되는 환자, (2) 경추골 성숙 단계가 1부터 5까지(CVMI 1 – 5)의 성장기 환자, (3) 고정원으로 활용되는 제1소구치(혹은 유구치)와 제1대구치가 존재하는 환자, (4) 상악 구치부에 금속성 수복물이 없는 환자, (5) 치주 질환이 없는 환자, (6) 교정치료 경험이 없는 환자, (7) 악안면 기형을 동반하지 않는 환자, (8) 본 연구에 동의한 환자

위 선정 기준에 부합하는 총 16명의 환자를 무작위로 두 개의 군으로 나누고, 한 군은 치아 지지형 RPE로, 다른 한 군은 MARPE로 치료하였다(Table 1).

치료과정에 대한 상세한 설명을 환자와 보호자에게 제공하였고, 환자와 보호자에게 치료와 본 연구에 대한 동의를 받고 본 연구를 진행하였다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Table 1. Demographic features of subjects

| | Tooth-borne RPE | MARPE |
|---|---|---|
| | n=8 | n=8 |
| | Boys 4 | Boys 2 |
| | Girls 4 | Girls 6 |
| Mean age (years) | 9.4 | 11.5 |
| Range (years) | 7 – 15 | 9 – 16 |
| CVMI (stage) | 1 – 5 | 1 – 5 |
| Total turns (1 turn = 0.2 mm) | 40 turns (8 mm) | 40 turns (8 mm) |
| Rate of activation | 1 turn/day | 1 turn/day |

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

## 2. 연구방법

### 2.1 장치의 디자인과 임상적 적용

본 연구에서 사용된 치아 지지형 RPE는 양측의 상악 제1소구치와 제1대구치의 밴드와 잭스크류를 0.8 mm의 스테인리스 스틸 호선으로 납착하여 연결하였다(Fig 1. A). 제1소구치가 아직 맹출하지 않은 경우, 제1유구치 혹은 제2유구치를 전방 고정원으로 활용하였다.

MARPE는 치아 지지형 RPE에서 변형된 형태로 Lee 등(Lee et al., 2010)에 의해 소개되었다. 치아 지지형 RPE를 구개측에 식립된 미니스크류와 연결하기 위해 잭스크류 전후방에 고리 모양의 스테인리스 호선을 납착하였다. 미니스크류(직경, 1.8 mm; 길이, 7 mm; Orlus, Ortholution, Seoul, Korea)는 국소마취 하에 총 4개를 식립하였는데, 전방 미니스크류는 구개주름(rugae) 부위에 위치하도록 하여, 상악 중절치와 측절치 치근 사이에 식립하였으며, 후방 미니스크류는 정중구개봉합 측방에 식립하였다(Fig 1. B).

모든 그룹에서 확장은 하루에 1번씩 시행(0.2 mm/turn)하도록 교육하였으며, 잭스크류를 총 40회 작동시켜 모든 환자에게 동일한 확장 속도 및 확장량을 적용하였다. 확장 완료 후에는 잭스크류의 구멍을 복합레진으로 고정하였다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

A B

Fig 1. Appliances for the rapid palatal expansion
A.Tooth-borne RPE; B.Miniscrew assisted rapid palatal expander (MARPE)

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

## 2.2 자료의 수집

CBCT는 상악 확장 전(T0), 확장 직후(T1)에 촬영되었다. CBCT(Alphard 3030, Asahi Roentgen Ind Co Ltd, Kyoto, Japan)는 노출량 17초, 3.0 mA, 80 kV, 200*200 $mm^2$ 의 FOV(field of view), 0.39 mm의 voxel size 조건의 저선량 모드로 촬영되었고, 치료 중 CBCT 촬영으로 인한 총 방사선 노출량이 연간 선량 제한(1 mSv)을 초과하지 않도록 하였다.

촬영 시 최대한 표준화된 두부위치(standardization of head position)를 유지하여 촬영하였다. 환자는 선 자세로 촬영하며, 측면에서 Frankfort Horizontal plane(FH plane)이 바닥과 평행하게 하며, 기기의 수직 축에 환자의 중심선을 맞췄다. 정면에서는 양측의 orbit을 연결한 선(Camper’s plane)이 바닥과 평행하게 하였다(Cevidanes et al., 2009; Garib et al., 2005).

CBCT 촬영으로 모인 DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine) file은 InVivo5® software(Anatomage, San Jose, CA, USA)를 이용하여 0.5 mm slice 두께로 재구성하였다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

## 2.3 예비 검사

저선량 모드의 CBCT 영상이 본 연구를 위해 적절한 해상도를 제공하는지 알아보기 위해 예비 연구를 수행하였다. 인간의 두개골을 저선량 모드(노출량 17초, 3.0 mA, 80 kV, 200*200 $mm^2$ 의 FOV, 0.39 mm의 voxel size)와 일반 모드(노출량 17초, 10.0 mA, 80 kV, 200*200 $mm^2$ 의 FOV, 0.39 mm의 voxel size)로 촬영 후, 두 영상에서 본 연구에서 수행될 13가지 항목에 대한 계측을 시행하여, 저선량 모드와 고선량 모드에서의 계측값에 유의한 차이가 있는지 검사하였다(Fig 2). 검사 방법간 일치율을 알아보기 위해 ICC(Intraclass correlation coefficient) 검정을 시행한 결과, 0.99 이상의 높은 신뢰도를 보였다.

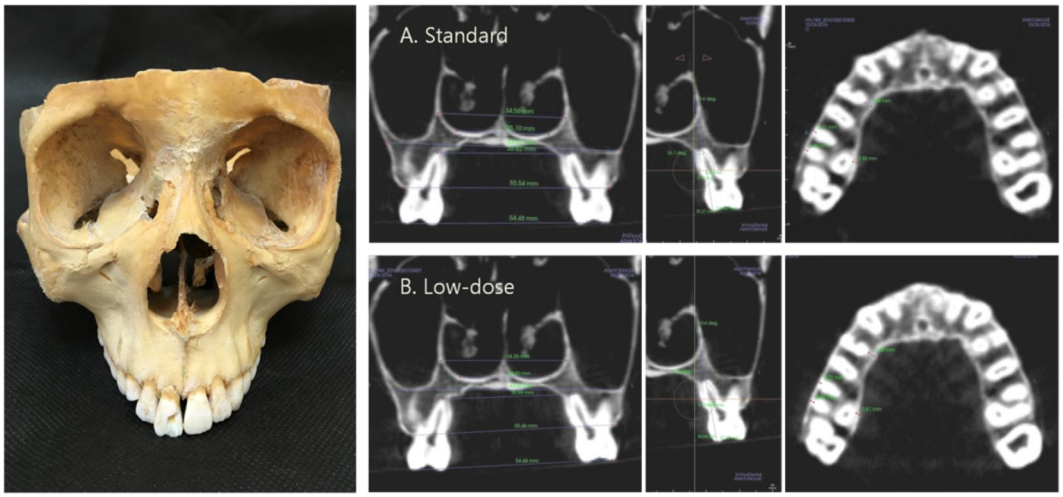


Fig 2. Preliminary study.
A. CBCT images by standard mode, B. CBCT images by low-dose mode.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

## 2.4 계측

Garib 등(Garib et al., 2006; Garib et al., 2005), Rungcharassaeng 등(Rungcharassaeng et al., 2007), Garrett 등(Garrett et al., 2008), Toklu 등(Gunyuz Toklu et al., 2015)의 연구를 토대로 계측 항목을 선정하였다.

InVivo5® software에 의해 재구성된 이미지는 sagittal section에서 기준선이 ANS와 PNS를 연결하는 구개 평면과 평행하게 하였으며, axial section에서 기준선이 양측 상악 제1대구치의 치근 이개부를 지나도록 하였으며, coronal section에서 기준선이 경구개와 평행하게 하여 re-orientation하였다(Fig 3). 모든 환자에 대하여 총 13가지 항목에 대한 계측을 시행하였다(Table 2).

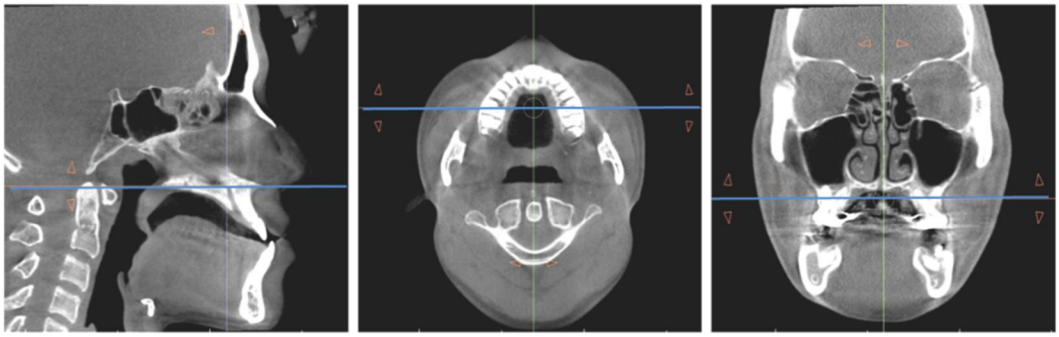


Fig 3. Re-orientation of CBCT images.
A.sagittal section, B.axial section, C.coronal section.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Table 2. Definition of measurements

| Measurement | Definition |
|---|---|
| AE (Appliance expansion) | Total expansion of the appliance at T1 |
| **Transverse measurements** | |
| NW (Nasal width) | Nasal width parallel to the hard palate at the widest portion of the nasal aperture |
| NFW (Nasal floor width) | Nasal floor width at the widest portion of the nasal floor of the nose |
| MW(Maxillary width) | Maxillary width tangent to the hard palate |
| ACW (Alveolar crestal width) | Width between the right and left buccal alveolar crests |
| IDW (Interdental width) | Width between the right and left buccal cusp tips |
| IAW (Interapex width) | Width between the right and left palatal root apices |
| **Axial inclination** | |
| DI (Dental inclination) | Angle between the line passing through the palatal cusp tip and palatal root apex, and the vertical line perpendicular to the hard palate |
| AI (Alveolar inclination) | Angle between the tangent of the alveolar bone and the vertical line perpendicular to the hard palate |
| ADT (Absolute dental tip) | Difference between ΔDI and ΔAI |
| **Thickness and height of alveolar bone** | |
| BBPT (Buccal bone plate thickness) | The shortest distance between the buccal cortical plate and the buccal root surface |
| PBPT (Palatal bone plate thickness) | The shortest distance between the palatal cortical plate and the palatal root surface |
| BACL (Buccal alveolar crest level) | Distance between buccal cusp tip and buccal alveolar crest |

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

2.4.1 Appliance expansion

Appliance expansion(AE)은 T1 시기에 확장된 잭스크류 구멍의 중심을 지나는 coronal section을 얻어 스크류가 벌어진 양을 측정하였다(Fig 4). 모든 환자에게 동일한 확장 프로토콜을 적용하였으나 환자의 협조도에 따라 확장량이 달라질 수 있으므로 본 계측을 시행하였다.

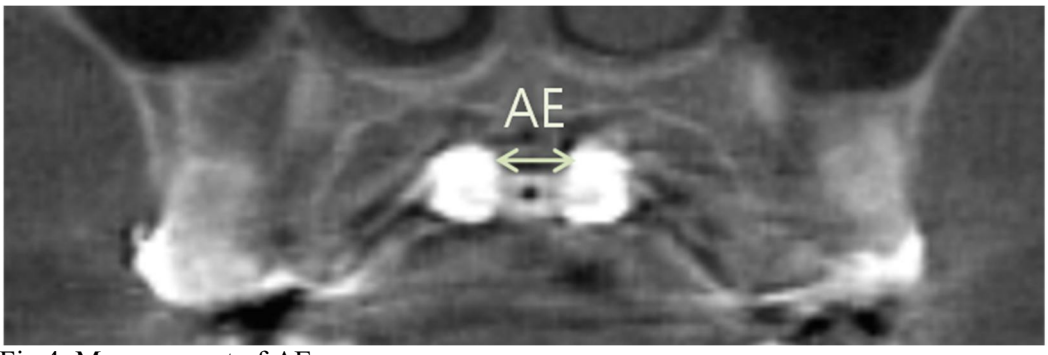


Fig 4. Measurement of AE.
AE, appliance expansion.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

2.4.2 Transverse measurements

Nasal width(NW), Nasal floor width(NFW), Maxillary width(MW), Alveolar crestal width(ACW), Interdental width(IDW), Interapex width(IAW)는 제1소구치, 제1대구치의 우측 구개측 치근의 중앙부를 지나는 coronal section에서 다음과 같이 계측하였다. 제1소구치가 아직 맹출하지 않은 경우, 전방 고정원에 해당하는 유구치의 구개측 치근의 중앙부를 지나는 coronal section에서 계측하였다. NW는 경구개 평면과 평행하면서 nasal aperture가 가장 넓은 곳의 거리를 계측하였고 NFW는 비강저의 최대 폭을 계측하였다. MW는 경구개의 접선이 상악골의 외측 피질골과 만나는 두 지점간 거리를 계측하였고, ACW는 양측의 협측 치조정 사이의 거리를 계측하였다. IDW는 제1소구치와 제1대구치의 협측 교두첨 사이의 거리를 계측하였고, IAW는 제1대구치의 구개측 치근첨 사이의 거리를 계측하였다(Fig 5). 다수의 환자에서 제1소구치의 치근이 미완성이거나 유구치의 치근이 흡수중인 경우가 많아, 전방 고정원에서의 IAW 계측은 하지 않았다. 같은 항목에 대하여 동일한 방법으로 T0, T1시기에 모두 측정하였다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

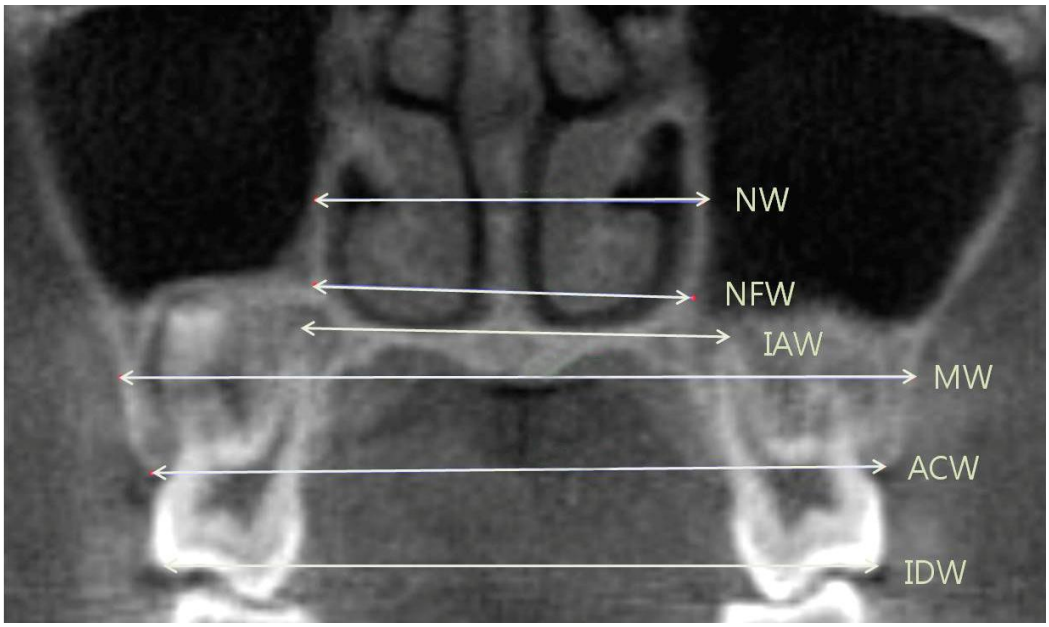


Fig 5. Measurements of NW, NFW, MW, ACW, IDW, IAW.
NW, nasal width; NFW, nasal floor width; MW, maxillary width at hard palate; ACW, width between the right and left buccal alveolar crests; IDW, interdental width; IAW, interapex width.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

2.4.3 Axial inclination

Dental Inclination(DI), Alveolar Inclination(AI)은 제 1대구치의 양측 구개측 치근의 중앙부를 지나는 coronal section을 얻어 다음과 같이 계측 하였다. DI는 각 치아의 구개측 교두첨과 구개측 치근첨을 연결하는 선과 구개면에 그은 수선이 이루는 각을 계측하였고, AI는 구개측 치조골과 가장 일치하는 접선과 구개면에 그은 수선이 이루는 각을 계측하였다(Fig 6). 같은 항목에 대하여 동일한 방법으로 T0, T1시기에 모두 측정하였다.

치조골 내 치아의 순수한 경사도 변화를 의미하는 Absolute dental tip(ADT)은 T0와 T1사이의 치아의 경사도 변화에서 치조골의 경사도 변화를 뺀 값으로 구하였다.

Absolute dental tip(ADT) = ⊿Dental inclination(DI) - ⊿Alveolar inclination(AI)

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

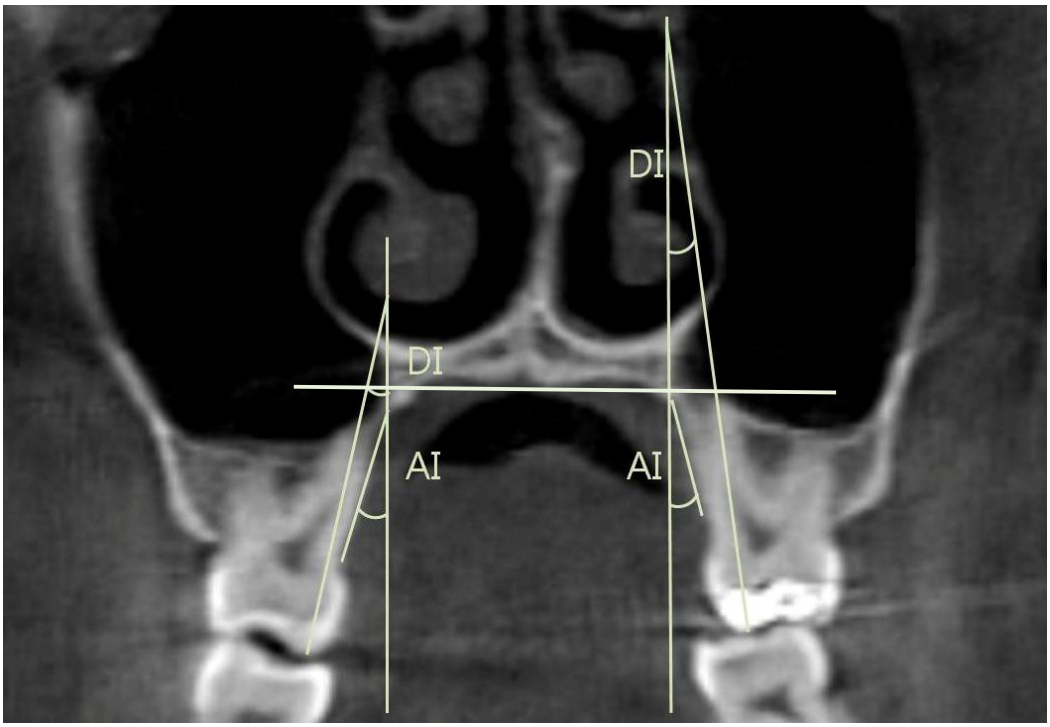


Fig 6. Measurements of DI, AI.
DI, dental inclination; AI, alveolar inclination.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

2.4.4 Thickness and height of alveolar bone

다음의 계측에 대해 T0, T1시기에 모두 측정하였다.

Buccal bone plate thickness(BBPT)와 Palatal bone plate thickness(PBPT)는 우측 제 1대구치 치근 이개부를 지나는 axial section에서 좌, 우측 제1소구치, 제1대구치 치근의 협측과 구개측 경계에서 cortical bone 경계까지의 최단거리를 각각 계측하였다(Fig 7). 단, 제1소구치 대신 유구치가 고정원으로 사용된 경우, 유구치의 BBPT와 PBPT는 해당 유구치의 치근 이개부를 지나는 axial section에서 위와 동일한 방법으로 계측하였다.

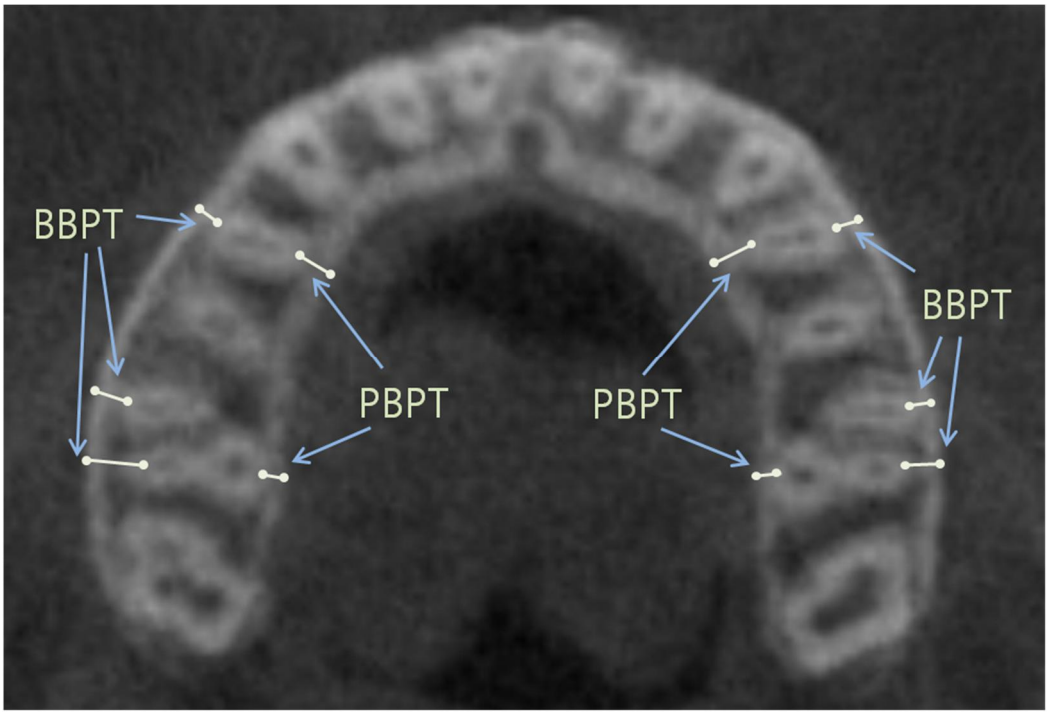


Fig 7. Measurement of BBPT, PBPT.
BBPT, buccal bone plate thickness; PBPT, palatal bone plate thickness.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Buccal alveolar crest level(BACL)은 치열궁에 수직으로 좌, 우 제1소구치, 제1대구치의 협측 혹은 근심협측 치근의 중앙부를 지나는 종단면에서 협측 교두첨에서 협측 치조정까지의 거리를 계측하였다(Fig 8).

Fig 8. Measurement of BACL.
BACL, buccal alveolar crest level.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

## 2.5 계측치의 분석 및 통계처리

연구에 사용된 모든 계측은 동일한 조사자에 의해 일주일 간격으로 2회 반복하여 시행되었으며, 조사자 내 오차를 확인하기 위해 조사자 내 오차 검정(Intraclass correlation coefficient)을 시행하였다. 두 번의 계측으로부터 얻어진 평균값을 이용하여 다음 항목들에 대하여 통계 분석을 시행하였다. 통계 분석을 위하여 SPSS 20.0 프로그램(IBM SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하였다.

① 조사자 내 오차 검정(Intraclass correlation coefficient)
② 치아 지지형 RPE군과 MARPE군의 확장 전, 후 변화의 유의성 검정(Paired t- test)
③ 치아 지지형 RPE군과 MARPE군의 확장 전, 후 변화의 비교(Shapiro-Wilk 정규성 검정, Independent t-test)
④ 전방 고정원 치아에서 협측 치조골의 두께와 높이 변화에 영향을 주는 변수에 대한 회귀분석(Regression analysis)

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

# III. 연구 결과

## 1. 조사자 내 오차 검정

동일한 조사자가 모든 계측치에 대해 일주일 간격으로 두 번 측정한 값에 대해 조사자 내 오차 검정을 시행하였다. 그 결과 골격성 및 치아 치조성 횡적 계측치에 대하여 0.99, 치아 및 치조골의 경사도에 대하여 0.87, 치조골의 두께와 높이 계측치에 대하여 0.97의 높은 신뢰도를 보였다.

## 2. 확장 전, 후 골격성 및 치아 치조성 횡적 계측치의 변화

### 2.1 치아 지지형 RPE군과 MARPE군의 확장 전, 후 변화

두 군에서 모든 횡적 계측치가 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < .001$). 이전 연구들(Kircelli et al., 2006; Tausche et al., 2007)과 마찬가지로 coronal section에서 관찰시, 이마코뼈 봉합(frontonasal suture)을 회전 중심으로 상악골이 양측으로 벌어지면서 회전하여 비강에서 치관부로 갈수록 더 넓어지는 삼각형 모양의 확장 패턴이 관찰되었다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

## 2.2 치아 지지형 RPE군과 MARPE군의 확장 전, 후 변화의 비교

확장 전, 후 모든 횡적 계측치의 변화량은 두 군 사이에 통계적으로 유의한 차이는 발견되지 않았다(Table 5).

제1대구치에서의 확장 패턴을 coronal section에서 관찰시, 두 치료군 모두 삼각형 모양의 확장 패턴을 보였으나, 치아 지지형 RPE군의 골격적 확장 비율은 MARPE에 비하여 상대적으로 낮고 치아 치조성 확장 비율은 상대적으로 높아서 가운데 부분이 잘록한 모양의 삼각형 확장 패턴을 보였다(Fig 9).

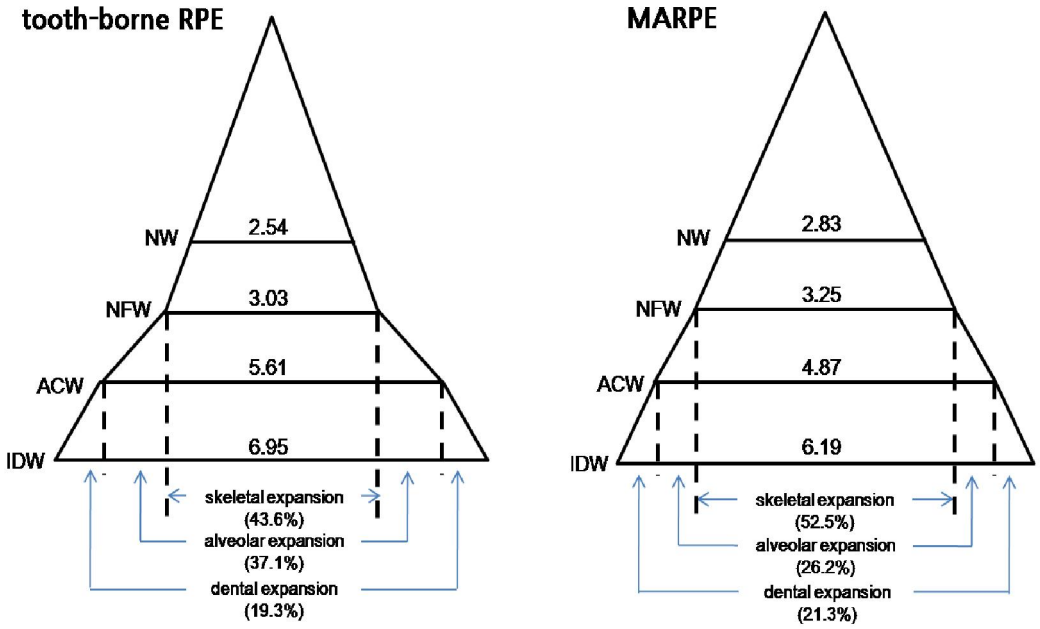


Fig 9. The diagram of transverse expansion on the coronal section of the maxillary 1st molar. NW, nasal width; NFW, nasal floor width; ACW, alveolar crestal width; IDW, interdental width.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

## 3. 확장 전, 후 치아 및 치조골의 경사도 변화

### 3.1 치아 지지형 RPE군과 MARPE군의 확장 전, 후 변화

두 군 모두 제1대구치에서의 치아 및 치조골의 협측 경사도가 통계적으로 유의하게 증가하였다($p < .01$). 치아 지지형 RPE군에서는 치조골의 협측 경사가 3.82°, 치아의 협측 경사가 4.80°로 치조골과 치아의 협측 경사량이 유사한 데 반하여, MARPE군에서는 치조골의 협측 경사가 5.60°, 치아의 협측 경사가 3.27°로 치조골에 비하여 치아의 협측 경사량이 확연히 더 작았다.

ADT 값은 치아 지지형 RPE군에서는 0.98로 제1대구치가 치조골 내에서 약간 협측으로 경사된 데 반해, MARPE군에서는 −2.33으로 제1대구치가 치조골 내에서 오히려 설측 경사된 것으로 나타났다(Table 3 – Table 4).

### 3.2 치아 지지형 RPE군과 MARPE군의 확장 전, 후 변화의 비교

확장 전, 후 제1대구치에서의 치아 및 치조골의 경사도 변화량을 비교하여 본 결과, 치조골의 협측 경사는 치아 지지형 RPE군에서 3.82°, MARPE군에서 5.60°로 두 군 사이에 유의한 차이가 없는 데 반해, 치아의 협측 경사 변화는 치아 지지형 RPE군에서 4.80°, MARPE군에서 3.27°로 MARPE군이 유의하게 작았다($p < .05$)(Table 5).

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

## 4. 확장 전, 후 치조골의 두께와 높이 변화

### 4.1 치아 지지형 RPE군과 MARPE군의 확장 전, 후 변화

두 군 모두 전, 후방 고정원 치아에서 협측 치조골의 두께가 통계적으로 유의하게 감소하였고, 구개측 치조골의 두께가 유의하게 증가하였다($p < .01$). 치아 지지형 RPE군의 경우 전, 후방 고정원 치아의 협측 치조골 두께 감소가 각각 0.73 mm, 0.63 mm로 비슷하게 일어난 반면, MARPE군에서는 전, 후방 고정원 치아의 협측 치조골 두께 감소가 각각 0.37 mm, 0.69 mm로 전방 고정원 치아에서의 협측 치조골 두께 감소량이 더 작았다(Table 3 – Table 4).

확장 전, 후 전, 후방 고정원 치아에서 협측 치조골의 높이는 두 군 모두 유의하게 감소하였다($p < .05$). 치아 지지형 RPE군에서는 전, 후방 고정원 치아의 협측 치조골 높이가 각각 0.86 mm, 0.78 mm 감소하였고, MARPE군에서는 전, 후방 고정원 치아의 협측 치조골 높이가 각각 0.66 mm, 0.42 mm 감소하였다(Table 3 – Table 4).

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

### 4.2 치아 지지형 RPE군과 MARPE군의 확장 전, 후 변화의 비교

확장 전, 후 전방 고정원 치아의 협측 치조골의 두께 감소가 치아 지지형 RPE군에서 0.73 mm 감소, MARPE군에서 0.37 mm 감소되어 유의한 차이가 발견되었다($p < .01$). 반면, 후방 고정원 치아인 제1대구치 주위의 협측 치조골 두께는 통계적으로 유의한 차이가 발견되지 않았다(Table 5). 구개측 치조골 두께와 협측 치조골 높이 변화는 전, 후방 고정원 치아에서 두 군 사이에 유의한 차이는 발견되지 않았다(Table 5).

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Table 3. Intragroup comparison between the pre- (T0) and postexpansion(T1) stages of tooth-borne RPE

| Variables | Preexpansion | | Postexpansion | | Change | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD | *t* | *P* |
| **AE** | | | | | 7.54 | | | |
| **Transverse measurements** | | | | | | | | |
| **Anterior anchor teeth (Maxillary 1st premolar or Deciduous molar)** | | | | | | | | |
| **NW** | 28.31 | 3.09 | 31.04 | 2.97 | 2.73 | 0.80 | 9.670 | 0.000*** |
| **NFW** | 24.67 | 3.64 | 27.73 | 3.22 | 3.06 | 0.80 | 10.762 | 0.000*** |
| **MW** | 52.20 | 5.60 | 56.06 | 5.24 | 3.86 | 1.06 | 10.300 | 0.000*** |
| **ACW** | 47.93 | 2.55 | 53.36 | 3.18 | 5.43 | 1.14 | 13.470 | 0.000*** |
| **IDW** | 43.94 | 3.84 | 50.54 | 4.83 | 6.60 | 1.54 | 12.132 | 0.000*** |
| **IAW** | - | - | - | - | - | - | - | - |
| **Maxillary 1st molar** | | | | | | | | |
| **NW** | 30.85 | 2.03 | 33.39 | 1.68 | 2.54 | 0.85 | 8.421 | 0.000*** |
| **NFW** | 28.10 | 2.66 | 31.13 | 2.83 | 3.03 | 0.90 | 9.489 | 0.000*** |
| **MW** | 63.01 | 3.41 | 66.30 | 2.86 | 3.28 | 1.28 | 7.275 | 0.000*** |
| **ACW** | 56.67 | 2.44 | 62.28 | 2.66 | 5.61 | 1.64 | 9.691 | 0.000*** |
| **IDW** | 53.28 | 1.98 | 60.23 | 2.83 | 6.95 | 1.35 | 14.519 | 0.000*** |
| **IAW** | 32.77 | 2.03 | 37.36 | 2.39 | 4.58 | 1.51 | 8.005 | 0.000*** |
| **Axial inclination** | | | | | | | | |
| **Maxillary 1st molar** | | | | | | | | |
| **DI** | 11.84 | 4.11 | 16.64 | 4.31 | 4.80 | 1.23 | 11.043 | 0.000*** |
| **AI** | 19.76 | 4.89 | 23.57 | 5.69 | 3.82 | 1.77 | 6.106 | 0.000*** |
| **ADT = 4.80 – 3.82 = 0.98** | | | | | | | | |
| **Thickness and height of alveolar bone** | | | | | | | | |
| **Anterior anchor teeth (Maxillary 1st premolar or Deciduous molar)** | | | | | | | | |
| **BBPT** | 1.50 | 1.16 | 0.78 | 1.03 | -0.73 | 0.20 | 9.588 | 0.000*** |
| **PBPT** | 2.28 | 1.16 | 3.71 | 1.64 | 1.44 | 0.81 | 4.712 | 0.003** |
| **BACL** | 8.74 | 1.02 | 9.60 | 1.20 | 0.86 | 0.45 | 5.377 | 0.001** |
| **Maxillary 1st molar** | | | | | | | | |
| **BBPT(MB)** | 2.52 | 0.85 | 1.87 | 0.82 | -0.65 | 0.28 | 6.640 | 0.000*** |
| **BBPT(DB)** | 2.94 | 0.70 | 2.33 | 0.71 | -0.61 | 0.27 | 6.275 | 0.000*** |
| **PBPT** | 2.02 | 0.63 | 2.85 | 0.66 | 0.83 | 0.24 | 9.874 | 0.000*** |
| **BACL** | 8.29 | 0.80 | 9.07 | 0.95 | 0.78 | 0.42 | 5.282 | 0.001** |

Paired t-test was performed, SD: standard deviation, * P < .05, **P<.01, ***P<.001; statistically significant, ADT=Change of DI (ΔDI) - Change of AI (ΔAI)

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Table 4. Intragroup comparison between the pre- (T0) and postexpansion(T1) stages of MARPE

| Variables | Preexpansion | | Postexpansion | | Change | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD | *t* | *P* |
| **AE** | | | | | 7.28 | | | |
| **Transverse measurements** | | | | | | | | |
| **Anterior anchor teeth (Maxillary 1st premolar or Deciduous molar)** | | | | | | | | |
| **NW** | 27.21 | 3.46 | 30.32 | 3.51 | 3.11 | 0.41 | 21.540 | 0.000*** |
| **NFW** | 23.91 | 3.79 | 27.45 | 3.88 | 3.53 | 0.76 | 13.167 | 0.000*** |
| **MW** | 46.89 | 5.05 | 50.88 | 4.84 | 3.99 | 0.84 | 13.463 | 0.000*** |
| **ACW** | 46.28 | 3.48 | 50.98 | 3.40 | 4.70 | 0.86 | 15.521 | 0.000*** |
| **IDW** | 42.64 | 3.20 | 49.01 | 3.93 | 6.37 | 1.32 | 12.756 | 0.000*** |
| **IAW** | - | - | - | - | - | - | - | - |
| **Maxillary 1st molar** | | | | | | | | |
| **NW** | 31.08 | 2.08 | 33.90 | 2.09 | 2.83 | 0.63 | 12.763 | 0.000*** |
| **NFW** | 29.68 | 1.78 | 32.93 | 1.93 | 3.25 | 0.53 | 17.425 | 0.000*** |
| **MW** | 61.71 | 4.46 | 65.05 | 4.91 | 3.34 | 0.81 | 11.737 | 0.000*** |
| **ACW** | 55.50 | 2.53 | 60.37 | 3.04 | 4.87 | 0.86 | 15.952 | 0.000*** |
| **IDW** | 52.67 | 1.17 | 58.86 | 2.06 | 6.19 | 1.09 | 16.001 | 0.000*** |
| **IAW** | 32.59 | 2.71 | 36.79 | 2.45 | 4.20 | 0.68 | 16.394 | 0.000*** |
| **Axial inclination** | | | | | | | | |
| **Maxillary 1st molar** | | | | | | | | |
| **DI** | 12.44 | 4.73 | 15.71 | 3.56 | 3.27 | 1.56 | 5.936 | 0.001** |
| **AI** | 16.43 | 2.40 | 22.03 | 2.72 | 5.60 | 2.62 | 6.059 | 0.001** |
| **ADT = 3.27 – 5.60 = - 2.33** | | | | | | | | |
| **Thickness and height of alveolar bone** | | | | | | | | |
| **Anterior anchor teeth (Maxillary 1st premolar or Deciduous molar)** | | | | | | | | |
| **BBPT** | 1.10 | 0.42 | 0.73 | 0.51 | -0.37 | 0.18 | 5.766 | 0.001** |
| **PBPT** | 3.90 | 1.52 | 4.69 | 1.63 | 0.79 | 0.37 | 5.976 | 0.001** |
| **BACL** | 8.62 | 2.08 | 9.28 | 2.14 | 0.66 | 0.42 | 4.162 | 0.006** |
| **Maxillary 1st molar** | | | | | | | | |
| **BBPT(MB)** | 2.63 | 1.16 | 1.95 | 0.99 | -0.68 | 0.24 | 7.842 | 0.000*** |
| **BBPT(DB)** | 3.02 | 1.02 | 2.32 | 0.99 | -0.71 | 0.24 | 7.885 | 0.000*** |
| **PBPT** | 1.59 | 0.48 | 2.32 | 0.73 | 0.73 | 0.37 | 5.568 | 0.001** |
| **BACL** | 7.55 | 1.63 | 7.97 | 1.83 | 0.42 | 0.38 | 3.114 | 0.017* |

Paired t-test was performed, SD: standard deviation, * P < .05, **P<.01, ***P<.001; statistically significant, ADT=Change of DI (ΔDI) - Change of AI (ΔAI)

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Table 5. Intergroup comparison of treatment changes between the tooth-borne RPE group and the MARPE group

| Variables | Tooth-borne RPE | MARPE | t | *p* |
|---|---|---|---|---|
| **AE** | 7.54 | 7.28 | | |
| **Transverse measurements** | | | | |
| **Anterior anchor teeth (Maxillary 1st premolar or Deciduous molar)** | | | | |
| **NW** | 2.73±0.80 | 3.11±0.41 | 1.200 | 0.250 |
| **NFW** | 3.06±0.80 | 3.53±0.76 | 1.211 | 0.246 |
| **MW** | 3.86±1.06 | 3.99±0.84 | 0.272 | 0.790 |
| **ACW** | 5.43±1.14 | 4.70±0.86 | 1.439 | 0.174 |
| **IDW** | 6.60±1.54 | 6.37±1.32 | 0.303 | 0.766 |
| **IAW** | - | - | - | - |
| **Maxillary 1st molar** | | | | |
| **NW** | 2.54±0.85 | 2.83±0.63 | 0.751 | 0.466 |
| **NFW** | 3.03±0.90 | 3.25±0.53 | 0.599 | 0.561 |
| **MW** | 3.28±1.28 | 3.34±0.81 | 0.117 | 0.909 |
| **ACW** | 5.61±1.64 | 4.87±0.86 | 1.139 | 0.280 |
| **IDW** | 6.95±1.35 | 6.19±1.09 | 1.246 | 0.234 |
| **IAW** | 4.58±1.52 | 4.20±0.68 | 0.615 | 0.555 |
| **Axial inclination** | | | | |
| **Maxillary 1st molar** | | | | |
| **DI** | 4.80±1.23 | 3.27±1.56 | 2.179 | 0.048* |
| **AI** | 3.82±1.77 | 5.60±2.62 | 1.599 | 0.135 |
| **Thickness and height of alveolar bone** | | | | |
| **Anterior anchor teeth (Maxillary 1st premolar or Deciduous molar)** | | | | |
| **BBPT** | -0.73±0.20 | -0.37±0.18 | 3.597 | 0.004** |
| **PBPT** | 1.44±0.81 | 0.79±0.37 | 1.955 | 0.085 |
| **BACL** | 0.86±0.45 | 0.66±0.42 | 0.904 | 0.382 |
| **Maxillary 1st molar** | | | | |
| **BBPT(MB)** | -0.65±0.28 | -0.68±0.24 | 0.230 | 0.822 |
| **BBPT(DB)** | -0.61±0.27 | -0.71±0.24 | 0.722 | 0.483 |
| **PBPT** | 0.83±0.24 | 0.73±0.37 | 0.606 | 0.556 |
| **BACL** | 0.78±0.42 | 0.42±0.38 | 1.794 | 0.095 |

t-test was performed
* P < .05, **P<.01, ***P<.001; statistically significant

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

### 5. 전방 고정원 치아의 치조골의 두께와 높이 변화에 영향을 주는 요인 분석

Tooth-borne RPE군과 MARPE군에서 전방 고정원 치아의 협측 치조골 두께와 협측 치조골 높이 변화에 영향을 줄 수 있는 요소들(나이, 초기 협측 치조골 두께, 초기 협측 치조골 높이)의 상관 관계를 알아보기 위하여 선형 회귀분석을 시행하였다.

Tooth-borne RPE군에서 전방 고정원 치아의 협측 치조골 두께와 환자의 연령, 초기 협측 치조골의 높이 사이에 유의한 상관관계가 발견되었다($p < .05$). 즉, 환자의 연령이 증가할수록, 초기 협측 치조골 높이가 낮을수록 전방 고정원 치아의 협측 치조골 두께 감소량이 많았다. 반면, MARPE 군에서는 환자의 연령, 초기 협측 치조골 두께, 초기 협측 치조골 높이와 전방 고정원 치아의 협측 치조골 두께와 높이 변화 사이에 유의한 상관관계가 발견되지 않았다(Table 6).

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Table 6. Factors affecting changes of alveolar bone in anterior anchor teeth

| Dependent variables | Independent variables | B | Standard error | t | *P* |
|---|---|---|---|---|---|
| **Tooth-borne RPE** | | | | | |
| **ΔBBPT** | **(Constant)** | -0.021 | 0.216 | -0.099 | 0.925 |
| | **Age** | 0.080 | 0.022 | 3.555 | 0.016* |
| **ΔBBPT** | **(Constant)** | 0.547 | 0.104 | 5.250 | 0.003 |
| | **BBPT** | 0.121 | 0.057 | 2.136 | 0.086 |
| **ΔBBPT** | **(Constant)** | -0.560 | 0.501 | -1.118 | 0.314 |
| | **BACL** | 0.146 | 0.056 | 2.589 | 0.049* |
| **ΔBACL** | **(Constant)** | 1.358 | 0.860 | 1.579 | 0.165 |
| | **Age** | -0.053 | 0.090 | -0.590 | 0.577 |
| **ΔBACL** | **(Constant)** | 0.690 | 0.222 | 3.111 | 0.027 |
| | **BBPT** | 0.031 | 0.120 | 0.262 | 0.804 |
| **ΔBACL** | **(Constant)** | 0.061 | 1.560 | 0.039 | 0.970 |
| | **BACL** | 0.091 | 0.177 | 0.515 | 0.625 |
| **MARPE** | | | | | |
| **ΔBBPT** | **(Constant)** | 0.434 | 0.349 | 1.245 | 0.260 |
| | **Age** | -0.005 | 0.029 | -0.183 | 0.861 |
| **ΔBBPT** | **(Constant)** | 0.547 | 0.192 | 2.846 | 0.029 |
| | **BBPT** | -0.160 | 0.165 | -0.969 | 0.370 |
| **ΔBBPT** | **(Constant)** | 0.404 | 0.356 | 1.135 | 0.308 |
| | **BACL** | -0.002 | 0.040 | -0.045 | 0.966 |
| **ΔBACL** | **(Constant)** | -0.548 | 0.752 | -0.729 | 0.499 |
| | **Age** | 0.100 | 0.062 | 1.630 | 0.164 |
| **ΔBACL** | **(Constant)** | 0.401 | 0.511 | 0.784 | 0.468 |
| | **BBPT** | 0.224 | 0.423 | 0.530 | 0.619 |
| **ΔBACL** | **(Constant)** | 0.612 | 0.791 | 0.774 | 0.474 |
| | **BACL** | 0.005 | 0.090 | 0.058 | 0.956 |

Linear regression analysis was performed
* P < .05, **P<.01, ***P<.001; statistically significant

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

# IV. 고 찰

본 연구의 목적은 구개확장 치료가 필요한 성장기 환자에서 치아 지지형 RPE와 미니스크류 보강형 RPE, 즉 MARPE로 치료 후 골격성, 치아 치조성 확장 효과를 비교하여 봄으로써, 미니스크류의 유, 무에 따른 초기 확장 효과의 차이를 알아보는 것이다.

본 연구는 CVMI 1 – 5 단계의 성장기 환자를 대상으로 하였다. 1995년 Hassel 등(Hassel and Farman, 1995)은 8~18세의 220명의 자료를 토대로 사람의 성장 단계를 6 단계로 구분하는 경추골 성숙도 지표(CVMI)를 발표하고, CVMI 3과 CVMI 4 사이에 사춘기 최대 성장(pubertal growth peak)이 존재하며, CVMI 5 단계에 사춘기 성장의 약 5 – 10 %가 진행되며, CVMI 6 이후 사춘기 성장은 거의 종료됨을 보고하였다. 이러한 신체 성장 단계는 구개확장 치료의 성공 여부와 밀접한 관계가 있다. Bjork(Bjork, 1966)는 임플란트를 이용한 연구에서 상악의 성장 폭발의 횟수나 시점, 성장의 완성시기 등의 횡적 성장 패턴이 신장의 성장 곡선과 매우 유사함을 보고하였으며, Franchi와 Baccetti 등(Franchi et al., 2000) 또한 신장의 최대 성장이 일어나는 시기에 악안면과 하악골의 최대 성장이 일어남을 보고하였다. 이에 Baccetti 등(Baccetti et al., 2001)은 악정형력을 이용하는 구개확장의 최적 시기는 사춘기 최대 성장 이전으로 보고하였고, Bishara와 Staley 등(Bishara and Staley, 1987)은

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

13~15세 이전으로 보고하였다.

성장기 환자의 구개확장 치료는 비교적 안전하다고 알려져 왔으나, 최근 CT 영상을 통해 성장기 환자의 급속 구개확장 치료 후 불리한 치조골의 변화가 보고되었다. Garib 등(Garib et al., 2006)은 11 – 14세의 소녀를 대상으로 치아 지지형 급속구개확장 후 상당량의 치아 치조성 확장과 함께 고정원 치아의 협측에서 치조골 열개가 발생하였으며, 특히 제1소구치에서 9.6 mm의 협측 치조골 높이가 감소하였다고 보고하였다. Rungcharassaeng 등(Rungcharassaeng et al., 2007)도 평균 13.8세의 환자에서 제1소구치와 제1대구치 주변의 협측 치조골의 두께가 1.14 – 1.24 mm 감소하였으며, 제1소구치 주변의 협측 치조골 높이는 4.42 mm 감소하였다고 보고하였다.

최근 미니스크류를 골성 고정원으로 활용하여 급속 구개확장 치료의 부작용을 줄이려는 시도가 다양하게 이루어지고 있으나, 어느 치료법이 최선인가에 관한 일치된 견해가 마련되지 못하고 있다. 미니스크류를 이용한 구개확장 치료는 수술을 동반하는 확장 치료에 비하여 비교적 간단한 술식으로써, 성인 뿐 아니라 성장기 환자에서도 기존의 구개확장 치료로 인한 부작용을 줄이기 위한 대안이 될 수 있을 것이다. 그 가운데 골 지지형 구개확장 장치는 임플란트만을 통해 골로 직접적으로 힘이 전달되어 치주조직에 미치는 위해가 거의 없다는 점에서 바람직할 수 있으나, 전통적 구개확장 장치에 비하여 치관부 확장량이 부족하여 많은 양의 치관부 확장이 필요한 환자에게 사용하기 불리하다(Lin et al., 2015;

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Mosleh et al., 2015). Hybrid 확장 장치 역시 치아 지지 없이 임플란트만으로 확장되는 구개 전방부의 확장량이 부족한 것이 관찰되었다(Garib et al., 2008; Gunyuz Toklu et al., 2015). 한편, MARPE는 치아 지지형 RPE와 골 지지형 RPE의 조합형으로, 임상적으로 충분한 치관부 확장을 얻을 수 있으나 치아 치조성 확장에 의한 부작용을 완전히 배재할 수 없다(Choi et al., 2016b; Lee et al., 2010; 임현묵, 2015). 구개확장에 있어 교정적 관심사는 횡적 부조화를 개선하면서 동시에 치주적 부작용을 최소화하는 것이다. 이에 최대한 부합하는 최선의 확장 장치에 대한 임상적 지침을 마련하기 위해 다양한 장치의 비교 분석이 필요할 것이다.

본 연구 결과, 치아 지지형 RPE와 MARPE 치료군 모두에서 유의한 골격성, 치아 치조성 확장을 얻어냄으로써 두 장치 모두 성장기 환자에서 효과적인 확장 장치임이 입증되었다. 또한 두 군 사이에 통계적으로 유의한 골격성 및 치아 치조성 횡적 확장량의 차이는 관찰되지 않음으로써 성장기 환자에서 두 장치는 유사한 횡적 확장을 일으키는 장치라고 할 수 있다. 그러나 본 결과는 확장 직후의 결과로, 유지 기간 이후 재평가시 결과가 달라질 가능성을 배재할 수 없다. 왜냐하면, 기존 RPE 치료시 초기 확장량의 약 3분의 1이 재발된다는 보고가 있으며(Baccetti et al., 2001; Handelman et al., 2000), 반면 MARPE 치료시 미니스크류가 봉합이 이개된 후 고착(consolidation) 기간동안 기저골을 이개된 상태로 유지하는 데 도움을 줌으로써 골격성 확장이 재발 없이 거의

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그대로 유지되며 치아치조성 확장은 구치부에서 약 9.4%의 유의한 수준의 재발이 관찰되었다는 보고가 있었기 때문이다(Choi et al., 2016a).

치아 지지형 RPE와 MARPE는 확장력의 전체 혹은 일부가 고정원 치아를 통해 전달되므로, 치아와 치조골의 협측 경사는 피할 수 없었다. 치아의 협측 경사는 치아만을 통해 확장력이 전달되는 치아 지지형 RPE군(4.80°)에서 MARPE군(3.27°)보다 유의하게 더 많이 발생한 반면, 치조골의 협측 경사는 두 군에서 큰 차이가 발견되지 않았다. 치조골의 협측 경사는 치관부에 가해지는 확장력에 의한 상악골의 휨, 치아의 협측 이동과 동반되어 발생하는 치조골의 이동, 상악골의 골격적 확장에 의한 상악골의 협측 회전 등이 복합적 원인으로 작용하여 두 장치의 치조골 협측 경사량은 유의한 차이를 보이지 않은 것으로 추측된다.

Engelking과 Zachrisson(Engelking and Zachrisson, 1982), Steiner 등(Steiner et al., 1981), Wennstron 등(Wennstrom et al., 1987)은 동물 연구에서 치아의 협측 이동이 bony dehisence의 발생과 관련이 있다고 보고하였고, Wehrbein 등은 사체 연구를 통해 이와 비슷한 결과를 보고한 바 있다. 따라서 치아 지지형 RPE의 경우 고정원으로 작용하는 치아의 협측 이동으로 인해 치조골 열개 혹은 천공 등이 발생할 위험성이 커지고 장기적으로 치은 퇴축의 위험이 증가할 수 있다(Handelman et al., 2000; Sandikcioglu and Hazar, 1997). 본 연구에서 치아 지지형 RPE군에서 협측 치조골 두께 감소는

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

전방 고정원에서 0.73 mm, 후방 고정원에서 0.61 – 0.65 mm이었고, MARPE군에서 협측 치조골 두께 감소는 전방 고정원에서 0.37 mm, 후방 고정원에서 0.68 – 0.71mm이었다. 전방 고정원에서는 MARPE군의 협측 치조골 두께 감소가 유의하게 더 적은 데 반해, 후방 고정원, 즉 제1대구치에서는 두 군의 협측 치조골 두께 감소량에 유의한 차이가 없었다. 치아 지지형 RPE에 미니스크류를 보강하였음에도 불구하고 구개골의 후방 부위는 sphenoid bone의 pterygoid plates와 연결되어 있는 해부학적 구조로 인해 많은 저항이 존재하기 때문에 전방 부위에 비하여 확장력이 주변으로 전달되지 못하고 상당 부분 치열로 전달되기 때문으로 여겨진다(Garrett et al., 2008; Wertz, 1970).

본 연구에서 미니스크류의 유, 무에 따른 가장 유의한 차이는 전방 고정원 치아의 치조골에서 발견되었다. Garib 등의 연구에서 치아 지지형 RPE 치료 후, 제1소구치 주변에서 가장 많은 불리한 치조골 변화가 있었음(협측 치조골의 두께가 0.7 mm 감소, 협측 치조골 높이가 9.6 mm 감소)을 고려하면, 치아 지지형 RPE에 미니스크류를 보강함으로써 전방 고정원에 미치는 치주적 위해를 감소시킬 수 있다는 사실은 임상적으로 매우 의미가 있다.

또한, 이번 연구를 통해 치아 지지형 RPE군에서 전방 고정원 치아의 협측 치조골 두께 변화는 환자의 연령이 높을수록, 초기 협측 치조골의 높이가 낮을수록 유의하게 크게 나타났다($p < .05$). 반면, MARPE 군에서는 전방 고정원 치아의 협측 치조골 두께 및 높이 변화와 환자의 연령, 초기 협측 치조골

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

두께, 초기 협측 치조골 높이 사이에 어떠한 상관관계도 발견되지 않았다. 즉 치아 지지형 RPE에 미니스크류를 보강함으로써 환자의 나이나 확장 전 환자의 치조골 상태로부터의 영향을 줄여줄 수 있으며, 따라서 나이가 더 많거나 초기 치주 상태가 좋지 않은 환자에서 상대적으로 더 양호한 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구를 위한 모든 CBCT 영상은 저선량 모드로 촬영되었다. 성인에 비해 소아나 청소년은 성장기로 방사선 감수성이 높으므로 선량의 영향을 많이 받을 수 있다. 또, 소아의 경우는 성인의 경우보다 머리의 크기가 작으므로 성인과 같은 조사량의 방사선을 피폭하였을 때 조직이 흡수하는 흡수선량은 높아질 수 밖에 없고 그에 따라 유효선량도 높아진다(Prins et al., 2011). CBCT의 유효선량은 multi-slice CT에 비하여 낮지만, 파노라마나 측모 두부 방사선 사진과 같은 2차원 진단 영상에 비하여 높은 수준이다(Silva et al., 2008). 따라서 본 연구에서는 CBCT를 저선량 모드로 설정하여 환자의 불필요한 방사선 노출을 줄이기 위해 노력하였다(Larson, 2014). Paolomo 등(Palomo et al., 2008)은 2008년 연구에서 전류량을 2 mA로 낮추었을 때, 15 mA와 비교하여 약 0.18배만큼 각 기관의 평균 유효선량을 낮출 수 있다고 보고하였으며, Ballanti 등(Ballanti et al., 2008)은 2008년 치과 진료를 위한 저선량 CT 프로토콜에 관한 연구에서 관전압을 120 kV에서 80 kV로 낮추었을 때, 유효 선량은 낮추면서 영상의 질은 정보를 얻는 데 별 문제가 없었다고 보고하였다. 본

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

연구에서도 인간의 두개골을 이용한 예비 연구 결과, 저선량 모드로 촬영된 영상과 일반 모드로 촬영된 계측값에 차이가 거의 없음을 확인하였다.

본 연구는 확장 전과 확장 직후에 촬영된 CBCT 영상을 이용하여 확장 직후의 변화를 살펴봄으로써, 성장을 배재한 순수한 장치의 효과를 관찰할 수 있었다. 그러나 장기적인 확장의 효과와 치료의 안정성 평가 등을 위해서는 추가 연구가 필요하다. 기존의 급속 구개확장 치료의 안정성을 연구한 많은 연구들에서는 overcorrection과 3개월 동안의 유지기간을 권장하였다(da Silva Filho et al., 1995; Wertz, 1970). Ballantti 등(Ballanti et al., 2009)은 확장 직후 감소되었던 고정원 치아의 협측 치조골이 6개월의 유지기간 동안 리모델링 과정을 겪으면서 회복되어 결과적으로 영구적인 치주적 위해가 없었다고 발표하면서 긴 유지기간의 중요성을 주장하였다. Melsen(Melsen, 1999)은 조직학적 연구를 통해 짧은 기간에 가해지는 큰 측방력으로 인한 협측골의 변화는 고정원 치아의 압박측 치주인대에 초자양화를 유발하여 압박측의 조직이 괴사되며, 치아가 협측으로 이동, 결국 협측 치조골이 얇아지게 되는데, 유지기간을 거치는 동안 치아는 치조골에서 생리적인 위치를 찾아가게 되고, 골재형성 과정을 통해 소실된 골이 어느 정도 회복된다고 하였다. 따라서 확장치료 후 3 – 6개월의 유지기간 동안 리모델링 과정을 거친 후 두 장치의 확장 효과에 어떠한 변화가 발생하는지 살펴보는 연구가 필요하다. 이러한 관찰은 고정성 교정장치 부착 이전에 이루어지는 것이 좋은데, 그 이유는 고정성 유지장치로

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

인한 치아의 uprighting이나 치아의 골내 이동 등에 의해 오로지 확장장치에 의한 효과의 해석이 어려워질 수 있기 때문이다(Akyalcin et al., 2013).

이번 연구는 다소 적은 수의 환자를 대상으로 수행되었으나, 임상적으로 의미가 있는 결과가 관찰됨에 따라 추후 충분한 수의 환자를 대상으로 추가 연구가 이루어져야 할 것이다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

# V. 결 론

구개확장 치료가 필요한 성장기 환자를 치아 지지형 RPE 또는 MARPE로 치료 후, 미니스크류의 유, 무에 따른 초기 확장 효과의 차이를 알아보았다. 모든 환자에서 확장 전, 후 얻은 저선량 CBCT 영상을 통해 전후방 고정원 치아에서의 골격성 확장과 치아 치조성 확장, 치아와 치조골의 경사도 변화, 치조골의 두께와 높이 변화를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 확장 전, 후 골격성 및 치아 치조성 횡적 계측치의 변화를 살펴본 결과, 두 군 모두 유의한 골격성 및 치아 치조성 확장이 발생하였으며($p < .001$), 두 군 사이 확장량의 유의한 차이는 없었다.
2. 확장 전, 후 치아 및 치조골의 경사도 변화를 살펴본 결과,
   (1) 두 군 모두 제1대구치에서 치아 및 치조골의 협측 경사가 유의하게 증가하였다($p < .01$).
   (2) 두 군 사이 제1대구치에서 치조골의 경사도 변화는 유의한 차이가 없었으나, 치아의 협측 경사는 MARPE군에서 3.27°, 치아 지지형 RPE군에서 4.80° 증가하여 MARPE군이 유의하게 더 작았다 ($p < .05$).
3. 확장 전, 후 치조골의 두께와 높이 변화를 살펴본 결과,
   (1) 두 군 모두 고정원 치아 주변의 협측 치조골 두께가 유의하게 감소하였고(p

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

< .01), 구개측 치조골 두께는 유의하게 증가하였으며(p < .01), 협측 치조골의 높이는 유의하게 감소하였다(p < .05).

(2) 두 군 사이 협측 치조골 두께 변화는 제1대구치에서 유의한 차이가 없었으나, 전방 고정원 치아에서는 MARPE군에서 0.37 mm, 치아 지지형 RPE군에서 0.73 mm 감소하여 MARPE군이 유의하게 더 작았다(p < .01). 협측 치조골 높이 변화는 두 군 사이에 유의한 차이가 없었다.

4. 치아 지지형 RPE군에서 전방 고정원 치아의 협측 치조골 두께 감소는 환자의 연령이 높을수록, 초기 협측 치조골의 높이가 낮을수록 유의하게 크게 나타났다(p < .05). 반면, MARPE 군에서는 전방 고정원 치아의 협측 치조골 두께 및 높이 변화와 환자의 연령, 초기 협측 치조골 두께, 초기 협측 치조골 높이 사이에 어떠한 상관관계도 발견되지 않았다.

성장기 환자에서 치아 지지형 RPE와 MARPE는 모두 효과적인 급속 구개확장 장치이다. 그러나, MARPE군에서 제1대구치의 협측 경사 및 전방 고정원 치아의 협측 치조골 두께 감소가 치아 지지형 RPE군에서보다 더 적은 것으로 관찰되었다. 즉, 치아 지지형 RPE에 미니스크류를 보강하는 것은 횡적 확장량은 유지하면서, 전방 고정원 치아의 불리한 치조골 변화를 감소시킬 수 있다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

# 참고문헌

Akyalcin S, Schaefer JS, English JD, Stephens CR, Winkelmann S: A cone-beam computed tomography evaluation of buccal bone thickness following maxillary expansion. *Imaging Sci Dent* 43(2): 85-90, 2013.

Alves PV, Zhao L, O'Gara M, Patel PK, Bolognese AM: Three-dimensional cephalometric study of upper airway space in skeletal class II and III healthy patients. *J Craniofac Surg* 19(6): 1497-1507, 2008.

Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara JA, Jr.: Treatment timing for rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 71(5): 343-350, 2001.

Baccetti T, Mucedero M, Leonardi M, Cozza P: Interceptive treatment of palatal impaction of maxillary canines with rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 136(5): 657-661, 2009.

Ballanti F, Lione R, Fanucci E, Franchi L, Baccetti T, Cozza P: Immediate and post-retention effects of rapid maxillary expansion investigated by computed tomography in growing patients. *Angle Orthod* 79(1): 24-29, 2009.

Ballanti F, Lione R, Fiaschetti V, Fanucci E, Cozza P: Low-dose CT protocol for orthodontic diagnosis. *Eur J Paediatr Dent* 9(2): 65-70, 2008.

Baysal A, Karadede I, Hekimoglu S, Ucar F, Ozer T, Veli I, et al.: Evaluation of root resorption following rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography. *Angle Orthod* 82(3): 488-494, 2012.

Bishara SE, Staley RN: Maxillary expansion: clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 91(1): 3-14, 1987.

Bjork A: Sutural growth of the upper face studied by the implant method. *Acta Odontol Scand* 24(2): 109-127, 1966.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Cevidanes L, Oliveira AE, Motta A, Phillips C, Burke B, Tyndall D: Head orientation in CBCT-generated cephalograms. *Angle Orthod* 79(5): 971-977, 2009.

Choi SH, Shi KK, Cha JY, Park YC, Lee KJ: Nonsurgical miniscrew-assisted rapid maxillary expansion results in acceptable stability in young adults. *Angle Orthod* 86(5): 713-720, 2016a.

Choi SH, Shi KK, Cha JY, Park YC, Lee KJ: Nonsurgical miniscrew-assisted rapid maxillary expansion results in acceptable stability in young adults. *Angle Orthod*, 2016b.

Cross DL, McDonald JP: Effect of rapid maxillary expansion on skeletal, dental, and nasal structures: a postero-anterior cephalometric study. *Eur J Orthod* 22(5): 519-528, 2000.

da Silva Filho OG, Montes LA, Torelly LF: Rapid maxillary expansion in the deciduous and mixed dentition evaluated through posteroanterior cephalometric analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 107(3): 268-275, 1995.

Engelking G, Zachrisson BU: Effects of incisor repositioning on monkey periodontium after expansion through the cortical plate. *Am J Orthod* 82(1): 23-32, 1982.

Erverdi N, Okar I, Kucukkeles N, Arbak S: A comparison of two different rapid palatal expansion techniques from the point of root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 106(1): 47-51, 1994.

Franchi L, Baccetti T, McNamara JA, Jr.: Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 118(3): 335-340, 2000.

Garib DG, Henriques JF, Janson G, de Freitas MR, Fernandes AY: Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 129(6): 749-758, 2006.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Garib DG, Henriques JF, Janson G, Freitas MR, Coelho RA: Rapid maxillary expansion--tooth tissue-borne versus tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation of dentoskeletal effects. *Angle Orthod* 75(4): 548-557, 2005.

Garib DG, Navarro R, Francischone CE, Oltramari PV: Rapid maxillary expansion using palatal implants. *J Clin Orthod* 42(11): 665-671, 2008.

Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD: Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 134(1): 8-9, 2008.

Gunyuz Toklu M, Germec-Cakan D, Tozlu M: Periodontal, dentoalveolar, and skeletal effects of tooth-borne and tooth-bone-borne expansion appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 148(1): 97-109, 2015.

Handelman CS, Wang L, BeGole EA, Haas AJ: Nonsurgical rapid maxillary expansion in adults: report on 47 cases using the Haas expander. *Angle Orthod* 70(2): 129-144, 2000.

Harrison JE, Ashby D: Orthodontic treatment for posterior crossbites. *Cochrane Database Syst Rev* (1): Cd000979, 2001.

Hassel B, Farman AG: Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 107(1): 58-66, 1995.

Kartalian A, Gohl E, Adamian M, Enciso R: Cone-beam computerized tomography evaluation of the maxillary dentoskeletal complex after rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 138(4): 486-492, 2010.

Kau CH, Richmond S, Palomo JM, Hans MG: Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. *J Orthod* 32(4): 282-293, 2005.

Kircelli BH, Pektas ZO, Uckan S: Orthopedic protraction with skeletal anchorage in a patient with maxillary hypoplasia and hypodontia. *Angle Orthod* 76(1): 156-163, 2006.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Krebs A: MIDPALATAL SUTURE EXPANSION STUDIES BY THE IMPLANT METHOD OVER A SEVEN-YEAR PERIOD. *Rep Congr Eur Orthod Soc* 40: 131-142, 1964.

Larson BE: Cone-beam computed tomography is the imaging technique of choice for comprehensive orthodontic assessment. *Northwest Dent* 93(3): 17-20, 2014.

Lee KJ, Park YC, Park JY, Hwang WS: Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 137(6): 830-839, 2010.

Lin L, Ahn HW, Kim SJ, Moon SC, Kim SH, Nelson G: Tooth-borne vs bone-borne rapid maxillary expanders in late adolescence. *Angle Orthod* 85(2): 253-262, 2015.

Mah JK, Huang JC, Choo H: Practical applications of cone-beam computed tomography in orthodontics. *J Am Dent Assoc* 141 Suppl 3: 7s-13s, 2010.

Melsen B: Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study. *Am J Orthod* 68(1): 42-54, 1975.

Melsen B: Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 69(2): 151-158, 1999.

Mosleh MI, Kaddah MA, Abd ElSayed FA, ElSayed HS: Comparison of transverse changes during maxillary expansion with 4-point bone-borne and tooth-borne maxillary expanders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 148(4): 599-607, 2015.

Palomo JM, Rao PS, Hans MG: Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 105(6): 773-782, 2008.

Prins R, Dauer LT, Colosi DC, Quinn B, Kleiman NJ, Bohle GC, et al.: Significant reduction in dental cone beam computed tomography (CBCT) eye dose through the use of leaded glasses. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 112(4): 502-507, 2011.

Ramires T, Maia RA, Barone JR: Nasal cavity changes and the respiratory standard

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

after maxillary expansion. *Braz J Otorhinolaryngol* 74(5): 763-769, 2008.

Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JY, Kim J, Taylor G: Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 132(4): 428.e421-428, 2007.

Sandikcioglu M, Hazar S: Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 111(3): 321-327, 1997.

Schuster G, Borel-Scherf I, Schopf PM: Frequency of and complications in the use of RPE appliances--results of a survey in the Federal State of Hesse, Germany. *J Orofac Orthop* 66(2): 148-161, 2005.

Silva MA, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E: Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 133(5): 640.e641-645, 2008.

Steiner GG, Pearson JK, Ainamo J: Changes of the marginal periodontium as a result of labial tooth movement in monkeys. *J Periodontol* 52(6): 314-320, 1981.

Tausche E, Hansen L, Hietschold V, Lagravere MO, Harzer W: Three-dimensional evaluation of surgically assisted implant bone-borne rapid maxillary expansion: a pilot study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 131(4 Suppl): S92-99, 2007.

Wennstrom JL, Lindhe J, Sinclair F, Thilander B: Some periodontal tissue reactions to orthodontic tooth movement in monkeys. *J Clin Periodontol* 14(3): 121-129, 1987.

Wertz RA: Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening. *Am J Orthod* 58(1): 41-66, 1970.

임현묵: 미니스크류 보강형 급속 구개확장 치료의 안정성 및 치주적 영향 평가. 석사 학위 논문, 연세대학교 대학원, 서울, 2015.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

**Abstract**

## Immediate effects of maxillary expansion with tooth-borne RPE and MARPE in growing patients: A randomized clinical trial

**Sunmee Oh**

Department of Dentistry

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor **Kee-Joon Lee**, D.D.S., Ph.D.)

This prospective study aimed to evaluate the immediate effects of maxillary expansion with tooth-borne rapid palatal expander(RPE) and miniscrew assisted rapid palatal expander(MARPE) in growing patients using low-dose cone-beam computed tomography(CBCT) images.

Sixteen growing patients(cervical vertebral maturation index 1~5) randomly assigned to the tooth-borne RPE and MARPE groups(n = 8, each; mean ages, 9.4 and 11.5 years, respectively) underwent low-dose CBCT before(T0) and immediately after(T1) expansion. The following anchor-tooth measurements were acquired at each time point: transverse measurements of nasal(NW), nasal floor(NFW), buccal alveolar crestal(ACW), interdental(IDW), and interapex(IAW) widths and maxillary width on the palatal plane(MW); dental(DI) and alveolar(AI)

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

inclination; and periodontal measurements of buccal(BBPT) and palatal(PBPT) bone-plate thicknesses and buccal alveolar crestal level(BACL).

1. Transverse measurements(NW, NFW, MW, ACW, IDW, IAW) of both groups exhibited significant increases after expansion($p < .001$). The greatest and least amount of expansion were at the crown and the nasal cavity levels, respectively, presenting a triangular expansion pattern.
2. Transverse expansions did not differ significantly between the two groups.
3. Total expansion in the maxillary first molar included 43.6% and 52.5% of skeletal expansion and 56.4% and 47.5% of dento-alveolar expansion in the tooth-borne RPE and MARPE groups, respectively.
4. Both groups exhibited significant increases in DI and AI of the maxillary first molar($p < .01$).
5. There was no significant difference in increase in AI of the maxillary first molar between the two groups; however, the MARPE group exhibited a significantly smaller increase in DI(3.27°) than the tooth-borne RPE group(4.80°; $p < .05$).
6. Both groups exhibited a significant decreases in BBPT($p < .01$) and a significant increase in PBPT and BACL($p < .01$ and .05, respectively) of anchor teeth.
7. While the two groups exhibited no significant difference in decrease in BBPT of the maxillary first molar, the MARPE group exhibited a significantly smaller decrease in BBPT of the anterior anchor teeth(0.37 mm) than the tooth-borne RPE group(0.73 mm; $p < .01$). There was no significant difference in decrease in BACL of anchor teeth between the two groups.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

8. Upon regression analysis, decrease in BBPT of the anterior anchor teeth in the tooth-borne RPE group was found to be significantly associated with patient age and initial BACL; however, variables in the MARPE group exhibited no significant relationships with each other.

These results indicate that MARPEs cause lower degrees of buccal tipping and BBPT changes in the anchor teeth than tooth-borne RPEs in growing patients. Miniscrews contribute towards minimizing alveolar damage of anchor teeth without decreasing the amount of total expansion with tooth-borne RPE.

Key words: miniscrew assisted rapid palatal expansion; MARPE, transverse discrepancy, growing patients, cone beam computed tomography; CBCT