



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](#)

2020년 2월

박사학위논문

콘빔전산화단층촬영을 이용한
위턱골격확장장치를 위한 입천장 평가

조선대학교 대학원

치의학과

조 용 화

콘빔전산화단층촬영을 이용한 위턱골격확장장치를 위한 입천장 평가

Quantitative Investigation of Palate
for Miniscrew-supported Maxillary Skeletal Expander
using Cone Beam Computed Tomography

2020년 2월 25일

조선대학교 대학원

치의학과

조 용 화

콘빔전산화단층촬영을 이용한 위턱골격확장장치를 위한 입천장 평가

지도교수 김 홍 중

이 논문을 치의학 박사학위신청 논문으로 제출함

2019년 10월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

조 용 화

조용화의 박사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 임 성 훈 (인)

위 원 연세대학교 교수 허 경 석 (인)

위 원 조선대학교 교수 민 정 범 (인)

위 원 조선대학교 교수 유 선 경 (인)

위 원 조선대학교 교수 김 흥 중 (인)

2019년 12월

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT	iv
I. 서론	1
II. 연구대상 및 방법	3
III. 결과.....	6
IV. 고찰.....	11
V. 결론.....	14
참고문헌	15

표 목 차

Table 1. Comparative to thickness of palatal bone according to the measurement CBCT image.....	6
Table 2. Comparative to thickness of palatal soft tissue according to the measurement CBCT image.....	6
Table 3. Comparative to thickness of palatal bone according to the gender.....	7
Table 4. Comparative to thickness of palatal soft tissue according to the gender.....	8

도 목 차

Fig. 1. CBCT images showing the parameters that the thickness of the palatal bone and palatal soft tissue was measured.....5

Fig. 2. Mean thickness of palate including bone and soft tissue according to Level at 2 and 4 mm laterally from antero-posterior reference line in male (mm).....9

Fig. 3. Mean thickness of palate including bone and soft tissue according to Level at 2 and 4 mm laterally from antero-posterior reference line in female (mm).....9

Fig. 4. Sagittal CBCT images showing typical tendency of the palatal thickness including the bone and the soft tissue at 2 mm and 4 mm laterally from the antero-posterior reference line in male and female.....10

ABSTRACT

Quantitative Investigation of Palate for Miniscrew-supported Maxillary Skeletal Expander using Cone Beam Computed Tomography

Cho Yonghwa

Advisor : Prof. Kim, Heung-Joong, Ph.D.

Department of Dentistry,

Graduate School of Chosun University

The maxillary skeletal expander (MSE) is the most recently developed device that is utilized for skeletal expansion by splitting the midpalatal suture by implanting the 4 miniscrews to the palate for Class III malocclusion patients. In the previous researches, on the other hand, many researches have been focused on the midpalatal suture area and the anterior palate area behind the incisive foramen to determine the position and length of a single miniscrew to obtain adequate initial fixation and stable retention. Therefore, the purpose of this study was to measure the thickness of the palatal bone and the palatal soft tissue for miniscrew-supported maxillary skeletal expander using cone beam computed tomography images.

This study were used high resolution cone beam computed tomography images in total of 58 men and women with Class III malocclusion at Chosun University Dental Hospital. The thickness of the palatal bone and palatal soft tissue was measured at 3 mm intervals anterior-posteriorly based on the horizontal reference line connecting the central fossa of the maxillary first molar, and at 2 mm intervals medial-laterally based on the antero-posterior reference

line connecting the anterior nasal spine and the posterior nasal spine. The difference of the obtained measurement values according to the left and right, the gender, and the measurement positions was statistically analyzed.

The palatal bone thickness was statistically significant thicker in male than in female in the anterior palate up to the horizontal reference line, and the posterior palate was no significant difference in gender. The palatal soft tissue thickness was statistically significant thicker in male than female in all measurement positions. As the distance from the antero-posterior reference line increased, the palatal bone thickness decreased, while the palatal soft tissue thickness increased. In total thickness of the palate, male had significantly thicker at level 1, and the other Levels showed similar thickness. On the other hand, female did not show significant difference according to Level, but rather decreased at Level 2 and then increased toward Level 5.

These findings could provide quantitative data on the thickness of the bone and soft tissue of the palate to determine the safe fixture length for miniscrew-supported maxillary skeletal expander.

Keywords: Orthodontic miniscrew, maxillary skeletal expander, palatal bone thickness, palatal soft tissue thickness.

I. 서 론

부정교합의 치료를 위해 작은 직경의 티타늄으로 제작된 교정용 미니스크류(miniscrew)가 골격성 고정원으로 널리 이용되고 있다(1-4). 이러한 미니스크류는 미니임플란트(mini-implant) 또는 마이크로임플란트(micro-implant)라고도 명명된다. 이는 생역학적으로 안정하여 우수한 생체적합성을 보이고, 식립 방법이 간단하고 저렴하며, 다양한 위치에 자유롭게 이용할 수 있는 장점을 가지고 있다(1,2,4,5). 이러한 교정용 미니스크류의 성공에는 스크류의 직경과 길이 등을 고려한 디자인, 술자의 숙련도와 삽입 방향과 힘의 크기, 각화치은 및 겉질뼈의 두께와 골질 상태 등을 고려한 적절한 식립 위치 및 환자의 나이 등 복합적인 요인이 영향을 미친다(4,6). 이에 안정적인 미니스크류 식립을 위한 이상적인 위치를 찾기 위하여 다양한 방법을 이용한 많은 연구가 진행되어 왔다(1-4, 6-10).

위턱의 열성장에 의한 골격적 III급 부정교합을 치료하기 위하여 중앙에 잭스크류(jackscrew)를 포함하여 치아 지지의 확장장치를 이용하는 급속입천장확장술(rapid palatal expansion, RPE)이 청소년기 환자에게 일반적으로 추천된다(6,11,12). 그러나 성장이 완료된 성인 환자는 정중입천장봉합이 강하게 결합하여 일반적인 RPE로는 치료 효과가 미비하다(12). 따라서 교정용 미니스크류가 안정성과 높은 치료 성공률을 보이고, 입천장은 충분한 뼈 두께와 치밀한 골밀도 및 얇은 연조직으로 구성되어 해부학적으로 안전하기 때문에(1-3,7), 이러한 한계를 극복하기 위해 미니스크류를 이용한 뼈 지지의 급속입천장확장장치(miniscrew assist rapid palatal expander)가 다양한 형태로 개발되어 사용되고 있다(12-15).

다양한 형태의 급속입천장확장장치 중 위턱골격확장장치(maxillary skeletal expander, MSE)는 III급 부정교합 환자에서 4개의 미니스크류를 함께 이용하여 입천장 뒤쪽 첫째큰어금니 주변에 위치시키는 뼈 지지의 확장장치로 최근에 개발되어 사용되고 있다(6,11,13,14). 이 장치는 2개의 대구치 밴드와 직경 1.5mm, 길이 11mm의 미니스크류 4개를 삽입할 수 있는 몸체로 구성되어 있으며, 이때 미니스크류는 골격성 고정원으로 입천장에서 코안바닥까지 양쪽 겉질뼈의 전체 두께를 이용하여 식립되며 정중입천장봉합에 직접 힘을 가하여 위턱을 확장시킨다(6,11,15,16). 그러나 지지 치아의 불쪽 경사와 불쪽 이틀뼈의 손실, 앞쪽 미니스크류의 더 큰 스트레스 분포 및 이틀활의 부위에 따른 변위 차이 등이 보고되면서, 부정교합 환자의 효

과적인 교정치료를 위해 미니스크류를 이용한 골격확장장치에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다(6,5,11,12).

MSE가 개발되기 이전의 연구에서는 주로 단일의 교정용 미니스크류로 적절한 초기 고정과 안정적인 유지력을 얻기 위하여, 이상적인 식립 위치와 길이를 결정하기 위해 정중입천장봉합 부위와 앞니구멍 바로 뒤의 입천장 앞쪽 부위에 집중하여 많은 연구가 이루어졌다(1,2,3,7,9). 대부분 마른 머리뼈 또는 콘빔전산화단층촬영(cone beam computed tomography, CBCT) 영상을 이용하여 연구한 결과, 입천장의 뼈 두께에 대한 자료만을 제시하고 있다(1,2,3). 또한 미니스크류 식립 시 두꺼운 연조직은 염증을 발생시킬 수 있고 초기 고정에 방해가 되기 때문에(8), 연조직 두께를 평가하는 것이 중요하다. 그러나 입천장 연조직 두께에 관한 연구는 더 제한적이며, 이 또한 입천장 앞쪽 부위에 집중되어 있거나(7,10), 치주성형수술 시 자가이식재의 공여 부위로서 입천장 점막의 두께를 조사하기 위하여 이틀능선에 가까운 부위에 집중되어 평가되었다(17). 그러나 이전 장치들과 달리 MSE는 입천장 뒤쪽의 정중입천장봉합 가쪽 양측에 다소 긴 길이의 미니스크류를 식립 함에도 불구하고, 해당 부위의 연조직을 포함하여 입천장에 대한 형태학적 평가가 아직 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 CBCT 영상을 이용하여 입천장의 뒤쪽에 위치시키는 MSE의 골격성 고정원인 미니스크류 식립을 위한 입천장의 뼈와 연조직 두께에 관한 정량적 자료를 제시하고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

골격성 고정원으로 교정용 미니스크류 식립 부위인 입천장을 평가하기 위하여 조선대학교 치과병원 교정과에 내원한 환자의 CBCT 영상을 획득하였다. 전신질환이 없고 악안면 기형이나 치료 병력이 없는 골격적 III급 부정교합을 가진 환자 65명을 무작위 선별하였다. 이 중 영상이 흐려 분석이 불가능한 환자를 제외하고 남자 30명과 여자 28명의 총 58명, 18~41세의 연령 범위로 평균 연령 22.8 ± 4.5 세를 연구대상으로 정하였다. 본 후향적 연구는 조선대학교 치과병원 연구윤리위원회의 승인을 받아 진행되었다(승인번호, CUDHIRB-1902-002).

2. CBCT 영상 획득 및 분석

조선대학교 치과병원 영상치의학과에서 CS9300 (Carestream Health Inc., Rochester, NY, USA)를 이용하여 통법에 따라 CBCT 촬영을 하였다. 각 스캐닝의 시야(field of view)는 직경 17 cm, 높이 13.5 cm의 원형 기둥으로 0.3 mm 체적소(voxel)를 사용하였다. 노출은 관전압 90 kVp, 관전류 5 mA 였다.

획득된 CBCT 영상은 3D imaging analysis software (OnDemand3D™, Cybermed, Seoul, Korea)를 이용하여 10년 이상의 경험을 가진 2명의 치과 의사에 의해 분석되었다. 일정한 계측을 위하여 양쪽 위턱 첫째큰어금니의 중심오목을 연결한 선과 교합평면(occlusal plane)이 수직이 되도록 재구성하여 수정된 기준 축면(modified axial plane)을 설정하였다. 이후 계측을 위한 영상의 확대율은 5배로 고정하였다.

3. 입천장의 뼈 및 연조직 두께 계측

입천장의 뒤쪽에 위치시키는 MSE의 골격성 고정원인 미니스크류 식립을 위한 입천장을 형태학적으로 평가하기 위하여 최근 개발되어 사용 중인 MSE의 크기를

참고하였다(6). 수정된 기준 측면에서 양쪽 위턱 첫째큰어금니의 중심오목을 연결한 선을 수평기준선으로 설정하였다. 또한 정중입천장봉합의 형태가 모두 상이하여 (18), 앞코가시와 뒤코가시의 연결선을 전후방기준선으로 하였다. 먼저 수평기준선을 중심으로 앞뒤로 3mm 간격으로 하여, 앞쪽에서 뒤쪽으로 Level 1(수평기준선에서 앞쪽 6mm)에서 Level 5(수평기준선에서 뒤쪽 6mm)까지 5개의 Level을 설정하고, 전후방기준선에서 가쪽으로 2mm, 4mm 위치에서 각 Level과 교차하는 총 20개의 계측 지점을 설정하였다(Fig. 1).

관상면과 시상면 각각에서 각 계측 지점의 입천장의 표면에서 코안바닥 곁질뼈까지의 입천장 전체 두께와 뼈 두께를 계측하였고, 이때 입천장의 연조직 두께는 전체 두께에서 뼈 두께값을 빼서 계산하였다. 혀와 같은 해부학적 구조물의 위치로 인하여 연조직의 구분이 어려운 경우는 뼈 두께만 계측하였고, 두 명의 관찰자 모두 관상면에서 먼저 계측하고 일주일 간격을 두고 시상면에서 계측하였다.

4. 통계 분석

얻어진 모든 계측값은 IBM SPSS Statistics (version 26.0, IBM Corporation, Somers, NY, USA)를 이용하여 통계 분석을 시행하였다. 먼저 입천장의 뼈와 연조직 두께의 계측자 간의 신뢰도(reliability)를 분석한 결과, Cronbach α 는 .930에서 .993으로 매우 높게 나타나 계측값의 안정적인 신뢰성을 얻었다. CBCT 영상의 관상면과 시상면에서의 계측 차이를 분석하기 위하여 각 계측점의 두 계측자의 평균값을 이용하여 두 독립표본 t 검정(two-independent samples t test)을 시행한 결과 모든 지점에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이에 이후의 분석은 각 지점의 관상면과 시상면에서 계측된 값의 평균을 이용하였다.

입천장의 뼈와 연조직 두께의 좌우와 성별에 따른 차이를 확인하기 위하여 두 독립표본 t 검정을 시행하였다. 이때 좌우는 모든 항목에서 유의적 차이가 나타나지 않아, 좌우를 구분하지 않고 각 변수의 동일 집단으로 평가하였다. 입천장의 전체 두께를 각 지점에서 앞뒤로의 Level에 따른 차이를 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 통계적 유의성을 검사한 후, Scheffe의 기준에 따라 사후검정을 하였다. 평균과 표준편차가 계산되었으며, 유의수준은 0.05에서 이루어졌다.

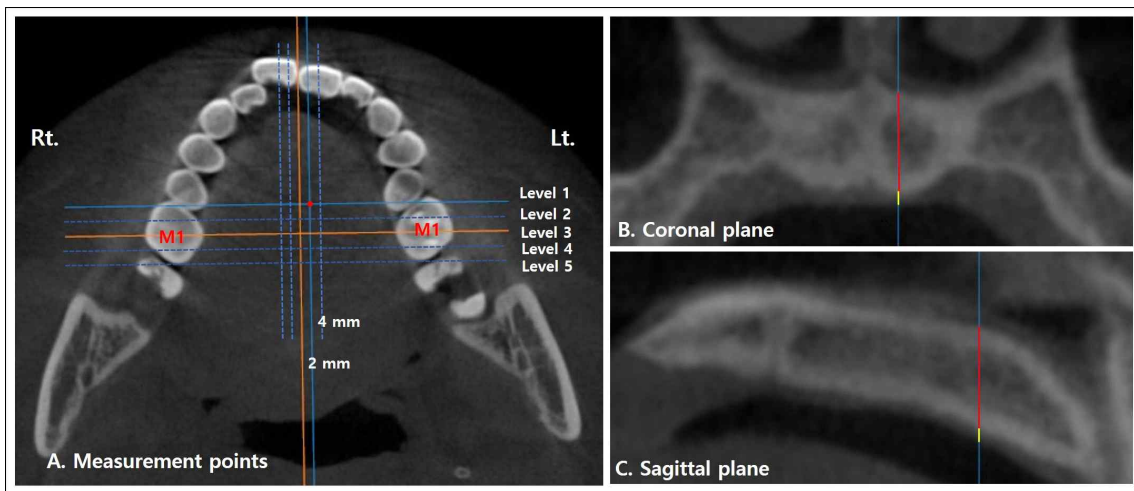


Fig. 1. CBCT images showing the parameters that the thickness of the palatal bone and palatal soft tissue was measured. A represents a total of 20 measurement points that are a crossing point between each Level and 2 mm and 4 mm laterally from the antero-posterior reference line that is connecting the anterior nasal spine and the posterior nasal spine. The horizontal reference line in A is connecting the central fossa of the maxillary first molar (M1) and the interval between Levels is 3 mm. The red and yellow solid lines on coronal and sagittal planes (B & C) represent the thickness of the palatal bone and the palatal soft tissue at red circle point of A, respectively. Rt., right side; Lt., left side.

Ⅲ. 결 과

CBCT 영상 단면에 따른 계측 차이를 살펴보기 위하여, 각 계측 지점에서 관상면과 시상면의 입천장의 뼈와 연조직 두께 차이를 분석하였다. 그 결과 두 영상 단면에서 입천장의 뼈와 연조직 두께 모두 오차가 나타났고, 특히 연조직 두께는 뼈 두께보다 차이가 더 있었다. 그러나 모든 계측 지점에서 두 단면의 입천장의 뼈와 연조직 두께가 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 1 & 2).

Table 1. Comparative to thickness of palatal bone according to the measurement CBCT image

Measurement Level	2mm		P -Value	4mm		P -Value
	Coronal P	Sagittal P		Coronal P	Sagittal P	
Level 1	5.43±1.79	5.44±1.80	0.967	4.94±2.01	4.96±2.01	0.936
Level 2	4.79±1.52	4.78±1.50	0.977	3.96±1.46	3.98±1.45	0.955
Level 3	4.68±1.40	4.65±1.37	0.875	3.53±1.24	3.56±1.26	0.867
Level 4	4.74±1.31	4.71±1.31	0.869	3.38±1.10	3.38±1.12	0.982
Level 5	4.82±1.36	4.81±1.34	0.980	3.21±1.11	3.23±1.11	0.880

Abbreviations: P, plane. Data (in mm) present mean ± standard deviation values (n=116).

Table 2. Comparative to thickness of palatal soft tissue according to the measurement CBCT image

Measuremen Level	2mm		P -Value	4mm		P -Value
	Coronal P	Sagittal P		Coronal P	Sagittal P	
Level 1	1.38±0.53	1.43±0.51	0.560	1.81±0.65	1.82±0.73	0.884
Level 2	1.19±0.40	1.24±0.43	0.456	1.55±0.65	1.57±0.64	0.832
Level 3	1.11±0.39	1.12±0.43	0.868	1.40±0.56	1.46±0.58	0.568
Level 4	1.05±0.43	1.08±0.46	0.671	1.31±0.59	1.32±0.53	0.865
Level 5	1.01±0.43	1.04±0.41	0.727	1.43±0.72	1.43±0.72	0.965

Data (in mm) present mean ± standard deviation values (n=84).

입천장의 뼈 두께는 앞코가시와 뒤코가시를 연결한 전후방기준선에서 가쪽으로 2mm와 4mm에서 Level 3까지 수평기준선을 포함한 앞쪽 입천장에서는 남자가 여자보다 통계적으로 유의하게 두께가 두꺼웠으나, 수평기준선 뒤쪽에서는 성별에 따라 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 전후방기준선에서 가쪽으로 2mm에서 4mm로 멀어질수록 남녀 모두에서 입천장의 뼈 두께가 감소하였다. 전후방기준선 가쪽 2mm의 여자를 제외하고 Level 1의 입천장 앞쪽에서 뒤로 갈수록 입천장의 뼈 두께가 감소하는 경향을 보였다(Table 3 & Fig. 4).

입천장 연조직의 두께는 전후방기준선에서 가쪽 2mm와 4mm의 모든 Level에서 남자가 여자보다 통계적으로 유의하게 두께가 두꺼웠다. 전후방기준선에서 가쪽으로 2mm에서 4mm로 멀어질수록 남녀 모두에서 입천장 연조직의 두께가 증가하였다. 전후방기준선 가쪽 2mm에서 남녀 모두 Level 1에서 뒤로 갈수록 입천장 연조직 두께가 감소하였지만, 가쪽 4mm에서는 남녀 모두 Level 1에서 뒤로 갈수록 감소하다가 Level 5에서 다시 증가하는 경향을 보였다(Table 4 & Fig. 4).

Table 3. Comparative to thickness of palatal bone according to the gender

Measurement Level	2 mm		P -Value	4 mm		P -Value
	male (n=30)	female (n=28)		male (n=30)	female (n=28)	
Level 1	6.25±1.86	4.56±1.22	0.000*	5.74±2.22	4.11±1.32	0.000*
Level 2	5.30±1.69	4.23±1.04	0.000*	4.45±1.65	3.46±0.98	0.000*
Level 3	4.96±1.60	4.35±1.02	0.017*	3.79±1.46	3.28±0.90	0.027*
Level 4	4.82±1.55	4.62±0.99	0.414	3.46±1.33	3.30±0.81	0.414
Level 5	4.79±1.57	4.84±1.07	0.864	3.15±1.27	3.32±0.90	0.416

Data (in mm) present mean ± standard deviation values. * statistically significant differences between the gender at the indicated measurement point (P <0.05).

Table 4. Comparative to thickness of palatal soft tissue according to the gender

Measurement Level	2 mm		<i>P</i> -Value	4 mm		<i>P</i> -Value
	male (n=22)	female (n=20)		male (n=22)	female (n=20)	
Level 1	1.53±0.47	1.26±0.51	0.015*	2.02±0.65	1.60±0.63	0.004*
Level 2	1.38±0.36	1.07±0.39	0.000*	1.76±0.63	1.35±0.59	0.003*
Level 3	1.23±0.42	0.99±0.33	0.005*	1.58±0.49	1.27±0.60	0.013*
Level 4	1.18±0.34	0.94±0.45	0.007*	1.47±0.54	1.15±0.54	0.010*
Level 5	1.14±0.40	0.90±0.41	0.008*	1.68±0.73	1.16±0.59	0.001*

Data (in mm) present mean ± standard deviation values. * statistically significant differences between the gender at the indicated measurement point ($P < 0.05$).

남자의 입천장에서 코안바닥의 곁질뼈까지의 입천장 전체 두께는 전후방기준선 가쪽 2mm와 4mm 모두 Level 1에서 뒤로 갈수록 감소하였으며, 특히 2mm의 Level 1과 4mm의 Level 1과 2에서 다른 부위와 비교하여 통계적으로 유의하게 두께가 두꺼웠다(Fig. 2). 여자의 입천장 전체 두께는 전후방기준선 가쪽 4mm에서는 남자와 유사하게 Level 1에서 뒤로 갈수록 감소하였으며, 특히 Level 1이 통계적으로 유의하게 두께가 두꺼웠다. 그러나 전후방기준선 가쪽 2mm에서는 Level 1에서 뒤로 갈수록 감소하였다가 다시 증가하는 경향을 보였으며, Level에 따라 전체 두께가 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 3).

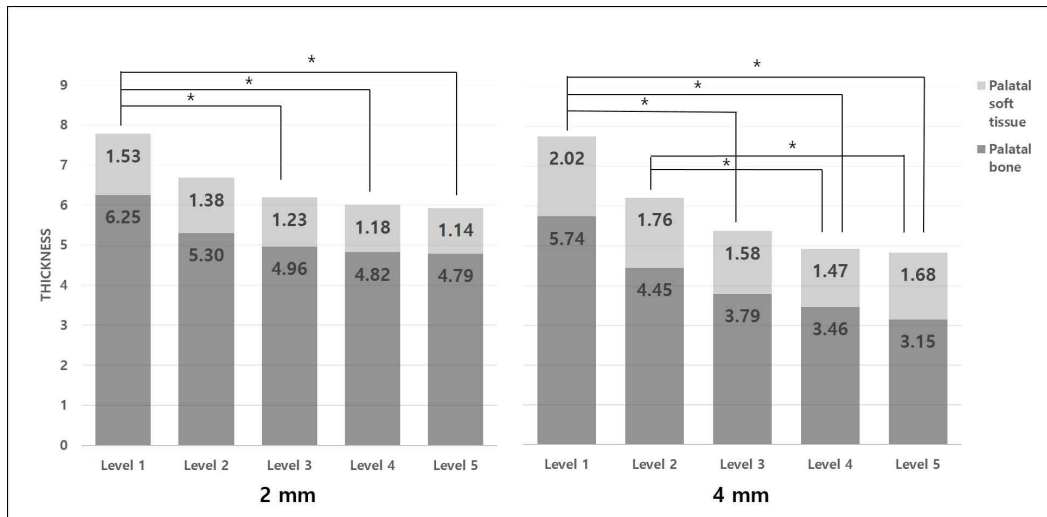


Fig. 2. Mean thickness of palate including bone and soft tissue according to Level at 2 and 4 mm laterally from antero-posterior reference line in male (mm). * statistically significant difference between the two Levels ($P < 0.05$).

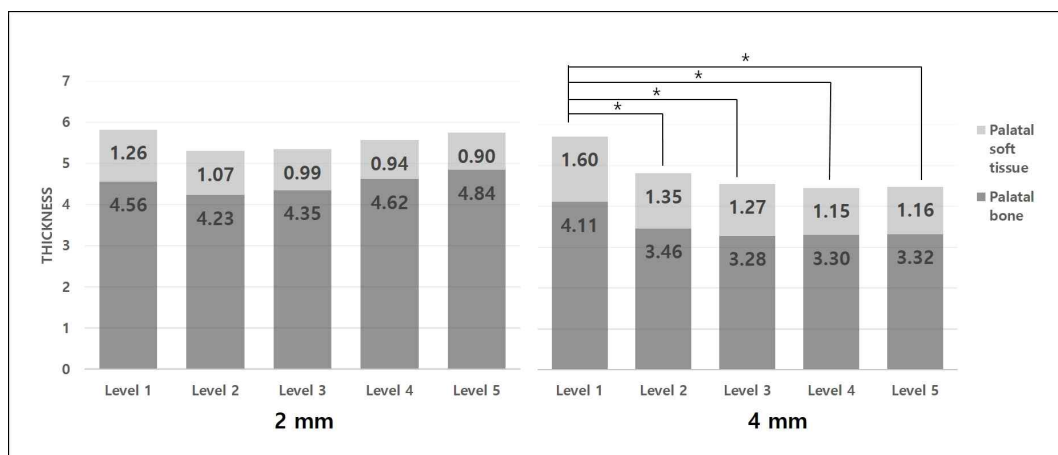


Fig. 3. Mean thickness of palate including bone and soft tissue according to Level at 2 and 4 mm laterally from antero-posterior reference line in female (mm). * statistically significant difference between the two Levels ($P < 0.05$).

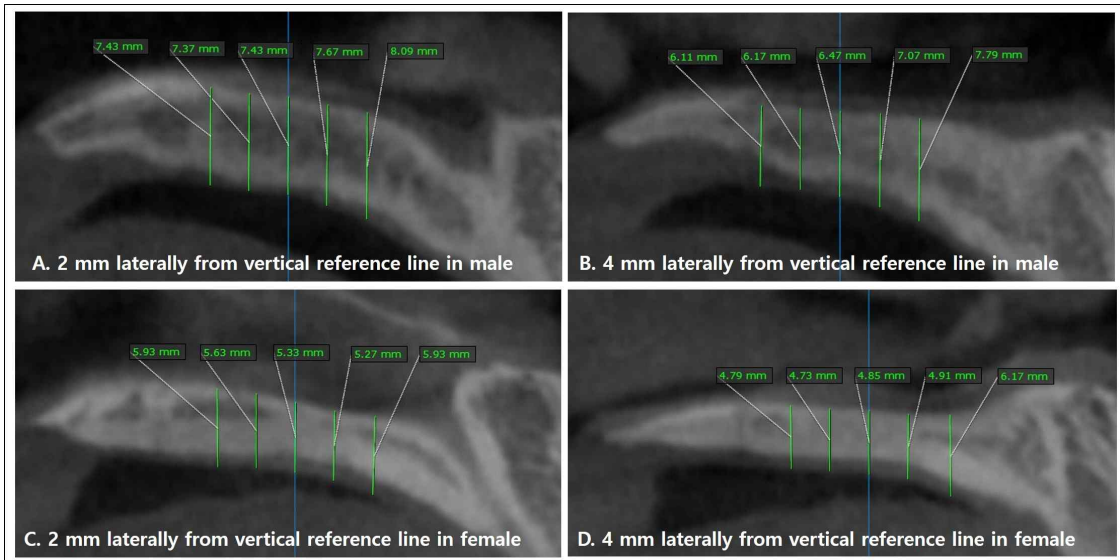


Fig. 4. Sagittal CBCT images showing typical tendency of the palatal thickness including the bone and the soft tissue at 2 mm and 4 mm laterally from the antero-posterior reference line in male and female.

IV. 고찰

최근에 개발되어 골격적 Ⅲ급 부정교합 치료에 사용되는 MSE는 미니스크류를 이용한 뼈 지지의 입천장확장장치의 한 종류이다(6,16). MSE는 입천장의 뒤쪽에 위치되어 4개의 미니스크류를 통해 직접 봉합에 힘을 가하여 위턱의 골격을 앞쪽, 가쪽, 아래쪽으로 확장시킬 뿐 아니라, 안모를 개선시키는 효과도 가져올 수 있다(13,14,19,20). 이때 미니스크류는 입천장 겹질뼈에서부터 코안바닥 겹질뼈까지 입천장 전체 두께를 이용하여 식립하는 것이 고정원의 저항을 높이고, 겹질뼈의 스트레스를 감소시키며, 더 안정적인 결과를 얻을 수 있다(6,21).

그러나 최근 마른 머리뼈를 삼차원 재건하여 미니스크류를 이용한 다양한 입천장 확장장치를 유한요소분석(finite element analysis)한 연구 결과 스트레스의 분포, 안정성 및 변위에 있어 서로 다른 결과가 보고되었다(5,6,11). 이는 변수를 통제하는 유한요소분석과 달리 임상에서는 봉합의 성숙도, 뼈 밀도, 입천장 형태 및 다른 해부학적 구조물 등의 다양한 환경이 위턱의 골격적 확장에 영향을 미치기 때문이다(6). 또한 부정교합의 유형에 따라 입천장의 뼈의 두께 차이가 나타나고, 정중입천장봉합의 유형에 따라서도 다른 스트레스 분포를 보인다(18,22). 따라서 본 연구에서는 Ⅲ급 부정교합 환자의 CBCT 영상을 이용하여 MSE의 고정원인 미니스크류 식립 부위의 입천장의 뼈와 연조직에 대해 해부학적으로 평가, 분석하고자 하였다.

CBCT 영상의 측면(가로면), 관상면 및 시상면을 통한 삼차원적 분석은 동일한 구조물에 대한 같은 크기를 가지는 것이 이론적으로 타당하다. 그래서 이전의 CBCT 영상을 통한 입천장의 뼈 두께 측정에 관한 연구에서 관상면과 시상면의 측정이 혼재되어 사용되고 있었다(1-4,9,22,23). 본 연구에서 CBCT 영상의 관상면과 시상면에 따른 입천장의 뼈와 연조직 두께 차이를 분석한 결과, 두 단면 사이에 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 하지만 입천장의 뼈와 연조직 두께 모두 오차가 나타났고, 특히 연조직 두께는 뼈 두께보다 차이가 더 있었다. 따라서 진단 및 치료를 위해 구조물을 평가할 때 CBCT 영상을 다각적인 방향에서 분석할 필요가 있겠다.

치아 위치를 기준으로 정중입천장 봉합 가쪽 2~4 mm 위치에서 입천장의 뼈의 두께를 측정한 이전 연구에서 둘째작은어금니와 첫째큰어금니 사이에서 2.9~

7.0mm, 첫째큰어금니와 둘째큰어금니 사이에서 1.9~2.7mm의 평균 두께 범위를 보였다(2,8,9). 또한 입천장의 앞쪽에서 뒤로 갈수록 정중입천장봉합에서 멀어질수록 두께가 점점 감소하였으며, 남자가 여자보다 통계적으로 유의하게 더 두꺼웠다(2,3,8,9). 본 연구의 Level 1은 둘째작은어금니와 첫째큰어금니 사이와 Level 5는 첫째큰어금니와 둘째큰어금니 사이와 비슷한 위치로, 이전 연구와 유사하게 입천장에서 뒤로 갈수록 정중입천장봉합에서 멀어질수록 뼈 두께가 점점 감소하였다. 그러나 Level 1에서 남자 약 5.7~6.2mm, 여자 약 4.1~4.5mm, Level 5에서 남자 약 3.1~4.7mm, 여자 약 3.3~4.8mm로 기존연구와 비교해서 특히 입천장 뒤쪽에서 뼈 두께가 상당히 크게 나왔다. 또한 첫째큰어금니 중간까지 앞쪽 입천장의 뼈는 남자가 여자보다 통계적으로 유의하게 두꺼웠으나, 그 뒤에서는 남녀 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 차이는 수직 골격성 개방교합의 I 급 부정교합에서 정상교합자보다 더 얇은 입천장의 뼈 두께를 가진 것처럼(22), 본 연구에서 III급 부정교합자를 대상으로 하였기 때문에 부정교합의 유형에 따라 두께에 차이가 있을 것으로 사료된다.

입천장 연조직의 두께에 관한 이전 연구는 거의 없었는데, 이는 낮은 해상도의 CBCT 영상에서 연조직 구조물을 구분하기 어렵기 때문이다. 시신을 이용한 연구에서 미니스크류 식립을 위해 정중입천장봉합 부위만 조사하였는데, 앞니유두(incisive papilla) 뒤쪽 8mm에서 1.0mm, 뒤쪽 20mm에서 0.9mm로 약 1mm의 균일한 연조직 두께를 가졌다(8). 본 연구에서 남자가 여자보다 통계적으로 유의하게 연조직 두께가 두꺼웠으며, 정중입천장봉합에서 멀어질수록 뼈 두께와는 반대로 연조직 두께가 점점 증가하였다. 또한 가쪽 2mm에서 뒤로 갈수록 연조직 두께가 감소하였지만, 가쪽 4mm에서는 Level 1에서 뒤로 갈수록 감소하다가 Level 5에서 다시 증가하는 경향을 보였다. 이는 입천장 연조직의 점막밑층(submucosa layer)은 입천장에 분포하는 신경과 혈관을 포함하고 있는데 정중입천장봉합 부위에서는 이들 신경혈관다발의 분포가 상대적으로 더 적고, 큰어금니 부위에서 점막밑층 안에 샘조직이 크게 증가하기 때문이다(24,25).

골격성 확장장치인 MSE를 통해 III급 부정교합을 효과적으로 치료하기 위해 교합면에서 위턱이 양측에서 좀 더 평행하게 확장되는 것이 좋다(1). 또 뒤코가시에서의 확장이 앞코가시 확장의 90%에 달하여 확장의 차이가 무시할 만한 수준이지만(13), 여전히 앞코가시 쪽이 더 크게 확장하는 부분적 V 형태로 확장이 일어난다

(6,11,26). 이러한 확장의 차이는 유한요소분석 결과 입천장 앞쪽 뼈가 더 두꺼워 미니스크류와 접촉하는 겹질뼈의 면적이 더 넓어 스트레스의 분포가 앞쪽 미니스크류에 더 집중하고(6,11,21), 첫째큰어금니에서 광대아래능선(infrazygomatic crest)으로 이어지는 두꺼운 뼈기둥(buttrass)으로 힘의 큰 저항이 발생하기 때문이다(13). 또한 힘의 회전 중심이 관상면에서 이마광대융합 위쪽, 교합면에서 관자뼈의 광대돌기 근처에 위치하면서 위턱이 앞쪽, 가쪽, 아래쪽으로 확장되게 된다(19,20).

본 연구에서 입천장 두께는 전체적으로 남자가 여자보다 더 두꺼웠고, 특히 MSE의 미니스크류가 식립되는 전후방기준선 가쪽 2mm에서 남녀가 서로 다른 경향을 보였다. 남자는 Level 1이 다른 부위보다 유의하게 입천장 전체 두께가 두껍고, 나머지 부위는 서로 비슷한 두께를 보였다. 그러나 여자는 Level에 따라 전체 두께가 유의한 차이를 보이지 않았으며, 오히려 Level 5에서는 뼈 두께가 증가하였다. 이러한 두께의 경향성과 뼈와 연조직의 구성 비율의 계측 위치와 성별에 따른 차이로 미니스크류와 겹질뼈의 접촉면적에 차이가 발생하여, 위턱의 평행한 확장이 어려울 수 있다. 또한 연조직은 미니스크류의 안정성에 방해가 되는데(8), 본 연구 결과의 Level에 따른 연조직의 두께 차이와 치밀결합조직의 고유판이 더 두꺼운 작은어금니 부위와 성긴결합조직의 점막밑층이 더 두꺼운 큰어금니 부위의 연조직 구성 차이 역시 미니스크류의 스트레스 분포에 영향을 미칠 수 있다(17,25).

본 연구에서는 CBCT 영상을 이용하여 성장이 완료된 성인 III급 부정교합 환자의 효과적인 교정치료를 위해 MSE의 고정원인 미니스크류 식립을 위한 입천장의 뼈와 연조직을 포함하여 입천장 전체 두께에 관한 정량적 자료를 제시할 수 있었다. 그 결과 이전의 뼈 두께만을 분석한 연구보다 큰 두께, 뼈와 다른 연조직의 두께 양상 및 남녀 간의 차이로, 미니스크류 식립 시 부정교합의 유형에 따라 성인 남녀에서 스트레스의 분포와 안정성이 다르게 나타날 가능성이 제기되었다. 따라서 이후 추가 연구를 통해 부정교합의 유형에 따라 남녀의 연조직을 포함하여 입천장 전체 형태에 관하여 분석할 필요가 있다.

V. 결 론

위턱골격확장장치(maxillary skeletal expander, MSE)는 III급 부정교합 환자에서 입천장에 4개의 미니스크류를 식립하여 정중입천장봉합을 직접 분리시켜 위턱의 골격적 확장을 일으키는 장치로 가장 최근에 개발되어 사용되고 있다. 반면 이전의 연구에서는 적절한 초기 고정과 안정적인 유지력을 얻기 위하여, 단일의 미니스크류를 위한 식립 위치와 길이를 결정하기 위해 정중입천장봉합 부위와 앞니구멍 바로 뒤의 입천장 앞쪽 부위 뼈 두께에 집중하여 많은 연구가 이루어졌다. 따라서 본 연구에서는 콘빔전산화단층촬영 영상을 이용하여 입천장의 뒤쪽에 위치시키는 MSE의 골격성 고정원인 미니스크류 식립을 위한 입천장의 뼈와 연조직에 대해 해부학적으로 평가하여 분석하고자 하였다.

조선대학교 치과병원 교정과에 내원한 III급 부정교합 환자 남녀 총 58명의 콘빔전산화단층촬영 영상을 이용하였다. 위턱 첫째큰어금니의 중심오목을 연결한 수평기준선과 앞코가시와 뒤코가시를 연결한 전후방기준선을 기준으로 앞뒤로 3mm 간격, 좌우로 2mm 간격으로 하여 입천장의 뼈와 연조직 두께를 계측하였다. 얻어진 계측값의 좌우, 남녀 및 계측 위치에 따른 차이를 분석하였다.

입천장의 뼈 두께는 수평기준선의 앞쪽 입천장에서는 남자가 여자보다 통계적으로 유의하게 두께가 두꺼웠으나, 뒤쪽에서는 성별에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다. 입천장 연조직의 두께는 모든 위치에서 남자가 여자보다 통계적으로 유의하게 두꺼웠다. 전후방기준선에서 가쪽으로 멀어질수록 입천장의 뼈 두께는 감소하고, 반면 연조직 두께는 증가하였다. 입천장 전체 두께는 남자는 Level 1이 유의하게 두껍고, 나머지 부위는 서로 비슷한 두께를 보였다. 반면 여자는 Level에 따라 전체 두께가 유의한 차이를 보이지 않았으며, 오히려 Level 2에서 감소하였다가 Level 5쪽으로 다시 증가하는 경향을 보였다.

이러한 연구 결과는 III급 부정교합 환자의 효과적인 교정치료를 위해 MSE의 골격성 고정원인 미니스크류 식립을 위한 입천장의 뼈와 연조직 두께에 관한 정량적 자료를 제시할 수 있다.

참고문헌

1. Gracco A, Lombardo L, Cozzani M, Siciliani G. Quantitative cone-beam computed tomography evaluation of palatal bone thickness for orthodontic miniscrew placement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134(3):361-9.
2. Baumgaertel S. Quantitative investigation of palatal bone depth and cortical bone thickness for mini-implant placement in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136(1):104-8.
3. Chhatwani S, Rose-Zierau V, Haddad B, Almuzian M, Kirschneck C, Danesh G. Three-dimensional quantitative assessment of palatal bone height for insertion of orthodontic implants - a retrospective CBCT study. *Head Face Med* 2019;15(1):9.
4. Jang MG, Lee JW, Cha KS, Chung DH, Lee SM. Comparison of palatal bone thickness between 3D model and lateral cephalometric radiograph *Korean J Orthod* 2011;41(5):312-323. (in Korean)
5. Lee HK, Bayome M, Ahn CS, Kim SH, Kim KB, Mo SS, Kook YA. Stress distribution and displacement by different bone-borne palatal expanders with micro-implants: a three-dimensional finite-element analysis. *Eur J Orthod* 2014 ;36(5):531-40.
6. Lee RJ, Moon W, Hong C. Effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on bone-borne palatal expansion using finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2017;151(5):887-897.

7. Kim HJ, Yun HS, Park HD, Kim DH, Park YC. Soft-tissue and cortical-bone thickness at orthodontic implant sites. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006 ;130(2):177-82.
8. Yu SK, Cho YH, Lim JW, Kim HJ. Osteometric analysis of palatal bone thickness for orthodontic miniscrew placement. *Anat Biol Anthropol* 2019;32(3):93-99. (in Korean)
9. Yadav S, Sachs E, Vishwanath M, Knecht K, Upadhyay M, Nanda R, Tadinada A. Gender and growth variation in palatal bone thickness and density for mini-implant placement. *Prog Orthod* 2018;19(1):43.
10. Costa A, Pasata G, Bergamaschi G. Intraoral hard and soft tissue depths for temporary anchorage devices. *Semin Orthod* 2005;11:10-15.
11. Hartono N, Soegiharto BM, Widayati R. The difference of stress distribution of maxillary expansion using rapid maxillary expander (RME) and maxillary skeletal expander (MSE)-a finite element analysis. *Prog Orthod* 2018;19(1):33.
12. Moon HW, Kim MJ, Ahn HW, Kim SJ, Kim SH, Chung KR, Nelson G. Molar inclination and surrounding alveolar bone change relative to the design of bone-borne maxillary expanders: A CBCT study. *Angle Orthod* 2019.
13. Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Mallya SM, Moschik C, Pan HC, Miller J, Moon W. Changes in the midpalatal and pterygopalatine sutures induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with a novel 3D method based on CBCT imaging. *Prog Orthod* 2017;18(1):34.
14. Abedini S, Elkenawy I, Kim E, Moon W. Three-dimensional soft tissue analysis of the face following micro-implant-supported maxillary skeletal

expansion. *Prog Orthod* 2018;19(1):46.

15. 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*. 2015;148(4):599-607.

16. Carlson C, Sung J, McComb RW, Machado AW, Moon W. Microimplant-assisted rapid palatal expansion appliance to orthopedically correct transverse maxillary deficiency in an adult. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;149(5):716-28.

17. Yu SK, Lee BH, Lee MH, Cho KH, Kim DK, Kim HJ. Histomorphometric analysis of the palatal mucosa associated with periodontal plastic surgery on cadavers. *Surg Radiol Anat* 2013;35(6):463-9.

18. Guerrero-Vargas JA, Silva TA, Macari S, de Las Casas EB, Garzón-Alvarado DA. Influence of interdigitation and expander type in the mechanical response of the midpalatal suture during maxillary expansion. *Comput Methods Programs Biomed* 2019;176:195-209.

19. Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Moschik C, Mallya SM, Pan HC, Alkahtani MR, Elkenawy I, Moon W. Midfacial changes in the coronal plane induced by microimplant-supported skeletal expander, studied with cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2018;154(3):337-345.

20. Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Moschik C, Sfogliano L, Elkenawy I, Pan HC, Mallya SM, Moon W. Zygomaticomaxillary modifications in the horizontal plane induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed

with CBCT images. *Prog Orthod* 2018;19(1):41.

21. Brettin BT, Grosland NM, Qian F, Southard KA, Stuntz TD, Morgan TA, Marshall SD, Southard TE. Bicortical vs monocortical orthodontic skeletal anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134(5):625-35.

22. Suteerapongpun P, Wattanachai T, Janhom A, Tripuwabhurut P, Jotikasthira D. Quantitative evaluation of palatal bone thickness in patients with normal and open vertical skeletal configurations using cone-beam computed tomography. *Imaging Sci Dent* 2018;48(1):51-57.

23. Kim YJ, Lim SH, Gang SN. Comparison of cephalometric measurements and cone-beam computed tomography-based measurements of palatal bone thickness. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145(2):165-72.

24. Yu SK, Lee MH, Park BS, Jeon YH, Chung YY, Kim HJ. Topographical relationship of the greater palatine artery and the palatal spine. Significance for periodontal surgery. *J Clin Periodontol* 2014;41(9):908-13.

25. Yu SK, Lim JW, Cho YH, Kim HJ. Anatomical assessment of the palatal mucosa for connective tissue grafts. *Oral Biol Res* 2018;42(3):156-162. (in Korean)

26. Celenk-Koca T, Erdinc AE, Hazar S, Harris L, English JD, Akyalcin S. Evaluation of miniscrew-supported rapid maxillary expansion in adolescents: A prospective randomized clinical trial. *Angle Orthod* 2018;88(6):702-709.