

SEM/EDS Analysis of the Enamel in Mesiodens

Nakyeong Oh¹, Jaesik Lee¹, Soonhyeun Nam¹, Taeyub Kwon², Hyunjung Kim¹

¹Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University

²Department of Dental Biomaterials, School of Dentistry, Kyungpook National University

Abstract

The aim of this study was to evaluate and compare the microstructural properties and mineralization quality of mesiodens with permanent and primary central incisors.

Fifteen mesiodens, permanent and primary central incisors were collected. The enamel rod diameter and enamel thickness were observed and measured using field emission scanning electron microscope (FE-SEM). Chemical composition of the enamel was analyzed using energy dispersive X-ray spectrometer (EDS). The measurements were then assessed using the one-way ANOVA and Tukey test.

There was no statistically significant difference in the enamel rod diameter between mesiodens and permanent central incisors. However, enamel rods of primary central incisors were smaller than remaining two groups. The thickness of enamel was thick in order of permanent central incisors, mesiodens, primary central incisors. In the composition analysis using EDS, there was no difference in the Ca/P ratio and Ca/C ratio between mesiodens and permanent central incisors, but small in primary central incisors.

In conclusion, the microstructural properties of mesiodens were more similar to those of permanent central incisors compared to primary central incisors. Further, the mineralization quality of mesiodens did not differ significantly from that of permanent central incisors.

Key words : Mesiodens, Enamel, Field emission scanning electron microscope, Energy dispersive X-ray spectrometer

I. 서 론

과잉치란 정상적인 치아의 수보다 증가하여 나타나는 치아를 의미한다. 일반적으로 과잉치는 주로 상악에서 발생하며, 특히 상악 전치부위에 발생하는 과잉치를 정중 과잉치라 한다[1-3]. 과잉치의 형태는 Mitchell[4]에 의하여 원추형, 결절형, 정상치형, 치아종 네 가지로 분류되며, 정중 과잉치의 경우 원추형이 가장 흔하게 나타난다[5]. 정중 과잉치 중 대략 25%의 과잉치는 자발

적으로 맹출 하지만, 나머지 과잉치는 매복되는 경향이 있다[6].

정중 과잉치는 상악 전치의 정중선 변위, 정중이개, 회전, 낭성 변화, 맹출 지연, 인접치 치근의 흡수 등을 야기할 수 있으며, 합병증을 예방하기 위해서 일반적으로 조기발거가 추천된다[7-11]. 발거된 과잉치는 폐기되는 경우가 많지만 최근 선천적 결손이 있는 부위 또는 외상 등의 원인으로 발거된 치아를 대체 하여 이식하는 증례가 보고되고 있다[12-14].

법랑질은 치관부의 가장 외벽을 구성하는 층으로 법랑소주의

Corresponding author : Hyunjung Kim

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University, 2177, Dalgubeol-daero, Jung-gu, Daegu, 41940, Korea

Tel: +82-53-600-7201 / Fax: +82-53-426-6608 / E-mail: jungkim@knu.ac.kr

Received September 4, 2018 / Revised October 19, 2018 / Accepted October 15, 2018

크기, 법랑질의 두께, 성분원소의 비율과 같은 조직학적 특징에 따라 우식과 침식에 대한 저항성에 있어서 차이가 나타난다. 유치와 영구치에 있어서, 유치 법랑질은 영구치의 법랑질 보다 더 다공성이며, 저광화된 상태이고 미세 결정의 배열(microcrystal arrangement)의 정도 또한 낮은 편이다[15]. 이 특성으로 인하여, 유치는 우식이나 침식에 영구치 보다 취약한 편이며, 치아의 색도 영구치보다 청백색을 나타내게 된다[16]. 또한 구조적 차이로 인하여 임상 술식에도 영향을 줄 수 있는데, 유치의 경우 법랑소주가 명확하지 않은 무소주층(prismless layer)으로 인하여 산 부식 시에 영구치보다 더 많은 시간이 필요하다[17,18].

자가 이식 및 동종 이식과 같은 정중 과잉치의 임상적 이용에 있어서 정중 과잉치의 법랑질 두께, 법랑소주의 크기 및 무기원소의 함량은 우식과 침식에 대한 저항성을 평가 시 중요한 요인이다. 이 연구에서는 주사형 전자현미경(FE-SEM)과 에너지 분산형 분광분석법(EDS)을 이용하여 정중 과잉치 법랑질의 구조학적 및 형태학적 특징을 분석하고, 영구 중절치와 유중절치의 법랑질 구조 및 형태와 차이점을 분석하고자 하였다.

II. 연구 재료 및 방법

1. 연구 재료

치아는 건전한 법랑질을 가진 우식, 충전물, 파절, 균열 그리고 결손 부위가 없는 15개의 발거된 상악 유중절치와 15개의 발거된 상악 영구 중절치를 이용하였다. 정중 과잉치의 경우 매복된 치아를 사용하였으며, 건전한 법랑질을 가지고 원추 형태인 정중 과잉치 15개를 이용하였다. 정중 과잉치는 Demirjian method를 이용하여 G, H stage만 선별 하였다[19]. 발거 직후 치아의 탈수를 막기 위하여 멸균된 증류수에 넣어 상온에 보관하였다. 상기 치아의 사용은 경북대학교 치과병원의 임상연구윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인 하에 진행하였다(KNUDH-2018-06-007).

2. 조사방법

1) 시편 제작

선택된 정중 과잉치, 영구 중절치, 유중절치를 주수 하에 백악법랑경계 하방 2.0 mm 까지 다이아몬드 디스크를 이용하여 치관단 부분을 제거하였다. 치관부 시편은 다이아몬드 디스크를 사용하여 치관 근원심의 중점을 따라 협설 방향으로 수직 이등분하였으며 32% 인산 젤(Bisco, Schaumburg, USA)을 이용하여 5초간 산 부식 시행하였다. 시편을 연마지를 이용하여, #600, #1200, #2000 grit 까지 연마하였다. 연마 과정 후 조직 고정을 위하여 3% glutaraldehyde를 이용하였으며, 고정 후 증류수를 이용하여 수세 시행하였다. 수세 후 25%에서 100%까지 에탄올을 이용하여 탈수하였다.

2) FE-SEM을 이용한 법랑질 관찰

법랑질의 미세구조 분석을 위해 FE-SEM(SU8230, Hitachi, Tokyo, Japan)을 이용하였다. 시편들을 진공 데시게이터를 이용하여 충분히 건조시킨 다음 이온 스퍼터를 이용하여 백금 코팅을 80초간 시행하였다. 표면이 코팅된 시편을 카본테이프를 이용하여 시료대 위에 장착한 후 FE-SEM으로 30배, 2000배에서 관찰하였다. 관찰 항목으로는 각 그룹 간 법랑소주의 직경, 법랑질의 두께이다. 치관부 중간 1/3에 해당하는 부위에서 법랑소주의 형태가 명확하게 보이는 부분의 법랑소주 직경을 측정하였다. 법랑소주 직경의 경우 경계를 따라 원 모양을 그린 뒤 가장 최단 거리 직경을 측정하였다. 각각 10개 씩 두 번 측정하고 평균값을 이용하였다(Fig. 1A). 법랑질 두께의 경우 저배율(30배)을 이용하여 절단면에서 백악법랑경계까지의 거리를 측정 후 치관부 1/2에서 상아법랑질경계와 법랑질 최외각부위까지의 최단거리를 측정하였다(Fig. 1B).

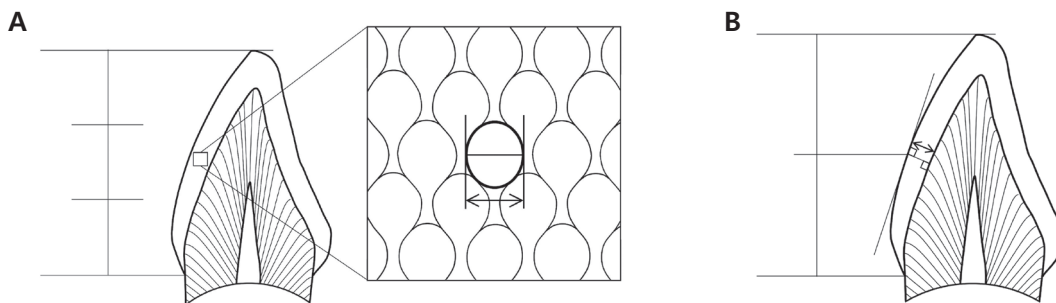


Fig. 1. The location of enamel rod diameter measurement (A) and enamel thickness measurement (B).

3) EDS를 이용한 성분원소 분석

동일한 시편들을 FE-SEM에 부착되어 있는 EDS(X-MaxN80, HORIBA, Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였다. 분석 부위는 법랑소주 직경을 측정된 부위와 동일하게 치관을 3등분한 부위 중 중간 부위를 이용하였으며, 해당 부위를 스폿 크기(spot size) 0.2 × 0.2 mm로 2번 반복하여 측정하였고 평균값을 이용하였다. 칼슘, 인, 탄소, 산소, 나트륨, 염소(Ca, P, C, O, Na, Cl)에 대하여 측정하였으며, 결과 값은 중량퍼센트(wt%)로 나타내었다. 추가적으로 칼슘과 인, 칼슘과 탄소 측정값을 이용하여 Ca/P ratio와 Ca/C ratio를 계산하였다.

3. 통계분석

이 연구에서 조사된 자료로 정중 과잉치, 영구 중절치, 유중절치의 법랑질 특성 및 성분 차이를 알아보기 위해 법랑소주의 직경, 법랑질의 두께, EDS로 측정된 각 원소의 wt%를 이용하였다. 측정값에 대하여 조사자 내 신뢰도인 Intraclass Correlation Coefficient(ICC) 값을 구하였을 때 0.9 이상으로 나타났다. 통계 분석에 필요한 각 변수들을 설정하고 평균, 표준편차 등의 기술 통계량을 도출하였다. 이후 각 그룹 간 유의성 검증과 사후 검정을 위하여 일원분산분석(one-way ANOVA)과 Tukey test를 시행하였다. 통계의 산출은 SPSS 22.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다.

Ⅲ. 연구 성적

1. FE-SEM을 이용한 법랑소주의 직경 측정 결과

FE-SEM으로 관찰한 법랑소주 직경 크기의 평균값은 정중 과잉치의 경우 4.89 ± 0.31 μm, 영구 중절치, 유중절치의 경우 각

각 4.82 ± 0.34, 3.73 ± 0.23 μm 였다. 각 그룹 간 평균 크기를 비교하였을 때, 유중절치에 비해 정중 과잉치, 영구 중절치의 법랑소주 직경이 통계적으로 유의하게 크고(p < 0.05), 영구 중절치와 정중 과잉치 그룹 간에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 1). FE-SEM으로 관찰시 영구 중절치가 가장 명확하고 균일한 배열의 법랑소주를 나타냈고, 정중 과잉치 또한 명확한 형태를 나타냈지만, 균일한 배열에 있어서 영구 중절치에 미치지 못했다. 유중절치의 경우는 두 그룹과 비교 시 덜 명확한 형태를 나타내는 비율이 많았다(Fig. 2).

2. FE-SEM을 이용한 법랑질 두께 측정 결과

FE-SEM으로 측정된 세 그룹간의 법랑질 두께 평균값은 정중 과잉치의 경우 795.33 ± 52.16 μm, 영구 중절치, 유중절치의 법랑질 두께의 경우 각각 984.20 ± 45.71 μm, 493.73 ± 33.91 μm 였다. 각 그룹 간 평균값을 비교하였을 때, 영구 중절치와 정중 과잉치의 경우 유중절치의 법랑질 두께와 비교 시 통계적으로 유의하게 두껍게 나타났으며(p < 0.05), 영구 중절치와 정중 과잉치 사이에서도 영구 중절치가 통계적으로 유의하게 두껍게 나타났다(Table 2, Fig. 3, p < 0.05).

Table 1. Comparison of enamel rod diameter for each group

Tooth	N	Enamel rod diameter (μm)		p (ANOVA)
		Mean	SD	
Mesiodens	15	4.89 ^a	0.31	0.000
Permanent centrals	15	4.82 ^a	0.34	
Primary centrals	15	3.73 ^b	0.23	

^{ab}: Different superscript letters indicate statistically different enamel rod diameter values by Tukey test.

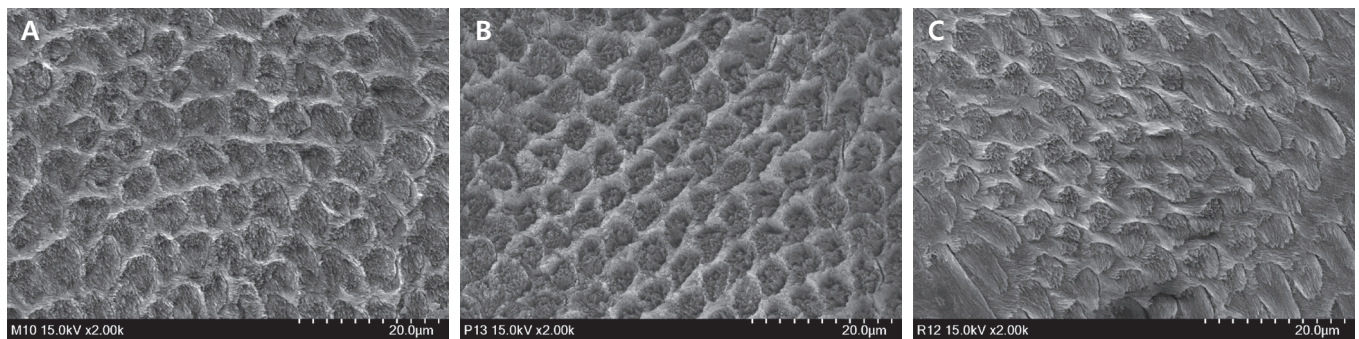


Fig. 2. Representative field emission scanning electron microscope images of enamel rod on each group (×2000). (A) Mesiodens group, (B) Permanent central incisors group, (C) Primary centrals incisors group.

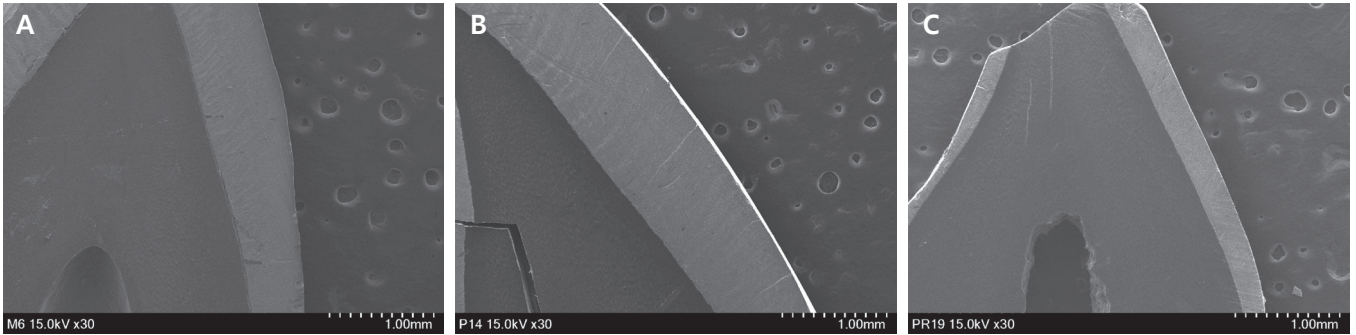


Fig. 3. Representative field emission scanning electron microscope images of enamel thickness on each group (x30). (A) Mesiodens group, (B) Permanent central incisors group, (C) Primary central incisors group.

Table 2. Comparison of enamel thickness for each group

Tooth	N	Enamel thickness (μm)		p (ANOVA)
		Mean	SD	
Mesiodens	15	795.33 ^a	52.16	0.000
Permanent centrals	15	984.20 ^b	45.71	
Primary centrals	15	493.73 ^c	33.91	

^{a,b,c}: Different superscript letters indicate statistically different enamel thickness values by Tukey test.

3. EDS를 이용한 원소 분석 결과

각 그룹의 시편은 EDS를 이용하여 칼슘, 인, 탄소, 산소, 나트륨, 염소(Ca, P, C, O, Na, Cl)에 대하여 wt%를 분석 시행하였다. 칼슘의 경우 영구 중절치가 가장 높게 나타났으며, 정중 과잉치, 유중절치 순으로 나타났다. 각 그룹 간 비교 시, 유중절치에 비해 정중과잉치가 그리고 유중절치에 비해 영구 중절치가 통계적으로 유의하게 크게 나타났고($p < 0.05$), 정중 과잉치와 영구 중절치 간에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 인의 경우 칼슘과 마찬가지로 영구 중절치에서 가장 높게 나타났으며, 정중 과잉치, 유중절치 순으로 나타났다. 그러나 인의 경우 유중절치에 비해 영구 중절치가 통계적으로 유의하게 크게 나타났으나($p < 0.05$), 유중절치와 정중 과잉치 및 정중 과잉치와 영구 중절치 간에는 유의한 차이가 없었다. 유기 이온인 탄소와 산소에서, 탄소는 영구 중절치에 비해 유중절치가 통계적으로 유의하게 크고($p < 0.05$), 영구 중절치와 정중 과잉치 및 정중 과잉치와 유중절치 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 산소는 유중절치 그룹에서 나머지 두 그룹보다 통계적으로 유의하게 크게 나타났으며($p < 0.05$), 영구 중절치와 정중 과잉치 그룹 간에는 통계적

으로 유의한 차이가 없었다. 그 외 이온인 나트륨과 염소에서는 각 그룹 간 통계적으로 유의할 만한 차이가 없었다(Table 3). Ca/P ratio의 경우 평균값의 크기는 영구 중절치, 정중 과잉치, 유중절치 순으로 나타났고, 정중 과잉치와 영구 중절치 사이에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 두 그룹과 유중절치 사이에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(Table 4, $p < 0.05$). Ca/C ratio도 평균값의 크기는 영구 중절치, 정중 과잉치, 유중절치 순으로 나타났으며, 정중 과잉치와 영구 중절치에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었으나, 두 그룹과 유중절치 사이에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(Table 4, $p < 0.05$).

IV. 총괄 및 고찰

일반적으로 과잉치는 필요하지 않은 치아로 인식되어 왔지만, 최근에는 과잉치의 줄기세포를 이용한 연구[20], 외상이나 맹출 이상으로 인하여 훼손 또는 상실된 영구치를 대체하기 위하여 이용한 사례[12-14]들이 보고되고 있다. 임상적으로 발거된 과잉치를 재식하여 사용하기 위해서는 정상 치아만큼의 경조직 내 구성이 요구된다. 또한 심미성을 위하여 추가적인 수복 및 보철 치료가 필요하다[12-14]. 이러한 술식 과정에 있어 법랑질의 성질이 중요한데, 산 부식에 있어서 유치의 경우 소주 형태가 명확하지 않은 무소주층이 영구치보다 많이 나타나면서, 좀 더 긴 산 부식 시간이 필요하다[21]. 접착 술식도 법랑질의 상태에 따라 접착 강도에 차이가 있는데, 특히 저광화된 법랑질일수록 접착 강도는 떨어지게 된다[22,23]. 따라서 이 연구에서는 정중 과잉치의 침식과 우식에 대한 저항성에 중요하고, 수복과 같은 임상 술식에 영향을 줄 수 있는 요인인 법랑질의 해부학적 구조에 대하여 영구 중절치, 유중절치와 비교하여 알아보려 하였다. 또한 임상적으로 과잉치를 재식이나 이식할 경우 정상 치아와 비

Table 3. Element content of mesiodens enamel in comparison to primary and permanent centrals

Tooth	Element	N	Mean (wt%)	SD	<i>p</i> (ANOVA)
Mesiodens	Ca	15	36.33 ^a	0.81	0.000
Permanent centrals		15	36.98 ^a	0.82	
Primary centrals		15	35.11 ^b	1.04	
Mesiodens	P	15	19.70 ^{ab}	0.46	0.040
Permanent centrals		15	19.80 ^a	0.50	
Primary centrals		15	19.37 ^b	0.47	
Mesiodens	O	15	36.92 ^a	1.04	0.001
Permanent centrals		15	36.35 ^a	1.30	
Primary centrals		15	38.03 ^b	1.16	
Mesiodens	C	15	6.20 ^{ab}	0.45	0.019
Permanent centrals		15	6.06 ^a	0.72	
Primary centrals		15	6.66 ^b	0.54	
Mesiodens	Na	15	0.51	0.13	0.842
Permanent centrals		15	0.51	0.09	
Primary centrals		15	0.53	0.11	
Mesiodens	Cl	15	0.35	0.08	0.438
Permanent centrals		15	0.30	0.14	
Primary centrals		15	0.31	0.11	

^{ab}: Different superscript letters indicate statistically different wt% values by Tukey test.

Table 4. Ca/P and Ca/C ratio with statistical analysis

Tooth	Ca/P ratio			Ca/C ratio		
	Mean	SD	<i>p</i> (ANOVA)	Mean	SD	<i>p</i> (ANOVA)
Mesiodens	1.84 ^a	0.02	0.001	5.89 ^a	0.49	0.001
Permanent centrals	1.87 ^a	0.05		6.21 ^a	0.73	
Primary centrals	1.81 ^b	0.04		5.32 ^b	0.54	

^{ab}: Different superscript letters indicate statistically different ratio values by Tukey test.

교하여 충분한 내구성이 존재하는지 분석해보고자 하였다.

이 연구에서는 Demirjian stage G, H의 원추 형태 정중 과잉치를 사용하였다[19]. 정중 과잉치의 형태는 원추형, 결절형, 정상치형이 있으며 그 중 원추 형태는 재식 및 이식시 치관의 방향성을 고려하였을 때 이점을 지니고, 가장 흔한 타입으로 임상적으로 활용도가 높아 연구재료로 선택하였다. 생리적 연령으로 시편을 선별 시 과잉치의 발육은 정상 치열의 발육 단계와 같이 보편화 되어 있지 않기 때문에 치아 발육 단계를 나타내는 Demirjian stage를 이용하였다. 이식 및 재식시 성공률을 높이기 위하여 고려할 사항으로 치근 발육정도, 이식 치아와 수용부 치

조와의 적합성 즉 치근의 형태, 치근막 존재유무 등이 있다[24]. 이 중 치근의 경우 전체 치근길이의 3/4에서 4/4까지 형성된 경우 유리하며[24,25], 치관 대 치근 비율의 경우 1 : 1.5가 가장 적절한 비율이고 최소한 1 : 1의 비율을 형성하여야한다[26]. 따라서 이 연구에서는 위의 요인을 고려하여 Demirjian stage 중 G, H 단계의 정중 과잉치를 이용하였다.

법랑질은 인체에서 가장 고도로 석회화된 조직으로 4%의 유기물과 수분 그리고 96%의 무기질로 구성되어 있다[27]. 침식과 우식에 대한 저항성에 있어서 치아 경조직의 가장 바깥층인 법랑질의 구조 및 화학적 성분 차이는 중요하다. 또한 임상적으로

는 접착과 같은 술식 시 법랑질의 구조에 따라서 산 부식 시간의 차이가 발생하며, 접착 강도에 차이가 나타나기 때문에 법랑질의 구조에 대하여 이해하는 것은 중요하다[28,29]. 이 연구에서는 정중과잉치의 법랑질 성질을 분석하기 위하여 법랑질의 두께, 법랑소주의 직경에 대하여 SEM을 이용하여 분석하였다.

법랑질 두께 측정은 치관 높이 1/2에서 측정하였다. 이는 유중절치와 영구중절치의 경우 저작으로 인하여 절치부위의 법랑질이 마모된 경우가 많아 오차 가능성이 크며, 백악법랑경계의 경우 가장 늦게 형성되는 법랑질 임을 고려하여 치관 높이 1/2 부위의 법랑질 두께를 측정하였다. 측정 결과 정중 과잉치는 유중절치보다 통계적으로 유의할 만큼 더 두껍게 나타났으며, 영구중절치 보다는 다소 얇게 나타났다. 영구치와 유치의 법랑질 두께를 비교한 선구연구의 경우 영구치는 1.0 - 2.0 mm를 나타내고, 유치의 경우 0.5 - 1.0 mm를 나타내며[30] 본 연구와 동일한 경향성을 보였다. 이러한 법랑질 두께의 차이는 유치는 치관을 형성하는데 6 - 14개월이 걸리지만 영구치의 경우 치관 형성에 있어서 3 - 4년을 소요함에 따라 나타난 결과이다[31]. 이를 통하여 정중 과잉치 법랑질의 경우 유중절치보다는 좀 더 많은 시간이 치관 형성에 소요됨을 유추 할 수 있다. De Menezes Oliveira 등[31]에 따르면, 법랑질 두께의 차이는 우식과 침식의 진행 속도와 발생률에 있어 영향을 미치게 되는데, 법랑질이 얇을수록 우식과 침식의 진행 속도가 빨라지게 되며, 발생률 또한 증가한다. 정중 과잉치의 경우 유중절치보다는 두껍고 영구중절치 보다는 다소 얇게 나타났는데, 이를 통하여 유중절치보다 우식과 침식에 저항성이 있을 것으로 유추 할 수 있다.

법랑소주의 직경 측정 결과, 정중 과잉치의 법랑소주 직경은 영구 중절치와 통계적으로 차이가 없었으며, 유중절치 보다는 크게 나타났다. 영구치와 유치에 있어서 법랑소주와 관련된 다양한 선구 연구가 이루어졌으며, 유치의 법랑소주의 평균적인 크기는 Sabel[32]의 연구에서 2.9 μm 로, 영구치와 유치 함께 비교한 연구에서는 유치 3.47 \pm 0.48 μm , 영구치의 경우 4.34 \pm 0.95 μm 로 나타났다[31]. 저광화된 법랑질(hypomineralized enamel)일수록 소주공간(interprismatic space)은 커지게 되며, 법랑소주의 직경은 작게 나타난다. 법랑소주의 직경이 작고 소주공간(interprismatic space)이 커질수록 이온과 분자들의 확산율이 커지게 되며 이는 우식 과정에 있어서 중요한 역할을 한다[33]. 이 연구에서도 앞선 연구와 동일하게 영구 중절치 법랑소주의 직경이 유치보다 크게 나타났다. 정중 과잉치의 법랑소주는 영구 중절치의 법랑소주와 비슷한 직경과 형태를 나타냈으며, 이는 정중 과잉치의 법랑소주가 유중절치 보다는 영구 중절치와 더 가깝다는 것을 나타내며 우식에 대한 저항성에 있어서 영구 중절치와 비슷한 성질을 지닐 것으로 생각된다. 법랑소주

의 형태를 관찰하였을 때 정중 과잉치와 영구 중절치는 비슷하게 명확한 형태로 나타났지만, 그에 비해 유중절치는 덜 명확한 형태를 나타냈다. 법랑소주의 형태가 명확하지 않거나 없는 무소주 법랑질의 경우 임상적으로 유지 형태를 위한 산 부식 시행 시 동일한 산 부식제 사용 하는 경우 더 긴 시간이 필요하다[17]. 이를 고려 할 때 임상적으로 정중 과잉치의 경우 영구 중절치에 준한 산 부식 적용이 필요할 것으로 생각된다.

정중 과잉치 법랑질의 구성성분에 대해서 EDS를 이용하여 분석하였다. EDS는 FE-SEM에 부착되어 시료의 성분을 분석하는 장비로서 고에너지의 전자빔이 시편과 반응하여 시편의 구조 및 화학조성 정보를 지닌 특정 X-ray를 검출하여 시편의 성분을 분석하는 장비이다[34]. EDS는 시편에 손상을 주지 않고 성분 원소에 대하여 분석할 수 있으며, 치아 경조직을 이루는 주원소에 대하여 높은 민감도(high sensitivity)를 나타내기 때문에 치아 경조직 분석에 적합한 방법이다[35]. 이를 이용하여 이 연구에서도 정중 과잉치와 영구 중절치, 유중절치에 있어서 칼슘과 인의 함량 및 유기원소가 차지하는 비율에 대해서 알아보려고 하였다. 그 결과 주요 무기원소인 칼슘과 인에 있어서 정중 과잉치는 영구 중절치보다 조금 작은 값이 나왔지만 통계적으로 유의할만한 차이가 없었고 유중절치와 비교 시 칼슘은 더 높게 나타났으며, 인 함량도 더 높게 나타났지만, 통계적 유의성은 없었다. 영구치와 유치의 성분 분석 시행한 선구 연구를 보았을 때 칼슘과 인의 함량에서 영구치가 유치보다 더 높다고 밝혀졌으며, 이를 통하여 영구치보다 유치에서 저광화(lower mineralization)되어 있음을 확인할 수 있었다[31,36]. 이 연구의 영구 중절치와 유중절치의 칼슘과 인 함량에 있어서도 동일한 경향성을 보였다. 정중 과잉치의 성분 분석과 관련된 선구 연구에서 정중 과잉치의 칼슘과 인이 영구치보다 낮게 나타난 연구 결과가 있었다[36]. 이는 칼슘과 인의 함량이 영구 중절치와 통계적 유의성이 없다는 본 연구 결과와 차이가 있다. 칼슘과 인 같은 무기이온 침착의 경우 맹출 직전 법랑질 성숙기(enamel maturation stage)까지 지속적으로 증가한다는 연구 결과[37]를 바탕으로 이 연구에서 이용된 정중 과잉치의 치관 형성이 거의 완성단계에 이른 Demirjian stage G, H의 정중 과잉치만 이용하였기 때문에, 정중과잉치의 발달 정도 차이에 의해서 선구 연구와 달리 더 높은 칼슘과 인 함량을 나타낸 것으로 생각된다.

법랑질의 기계적 성질은 일반적으로 시료의 무기질 함량과 연관성이 있다[38]. 특히 미세강도(microhardness)가 무기물함량(mineral content)과 연관성이 있는데, Kodaka 등[38]에 따르면, 칼슘과 인의 중량비가 증가할수록 미세강도가 증가하는 경향이 나타난다고 하였다. 이러한 연관성을 고려 시에 영구 중절치와 비슷한 무기물 함량을 지닌 정중 과잉치의 경우 영구 중절치와

비슷한 기계적 성질을 가질 것으로 유추 할 수 있으며, 유중절치보다 향상된 기계적 성질을 지닐 것으로 생각된다.

Tanaskovic-Stankovic 등[39]에 의하여 과잉치와 영구 중절치의 Ca/P ratio를 비교 분석한 연구에서 과잉치와 영구 중절치는 통계적 유의성이 없었다. 이 연구에서도 Ca/P ratio를 계산한 결과 정중 과잉치는 영구 중절치와 통계적으로 유의성이 없었으며, 추가적으로 유중절치와 비교 시 정중 과잉치에서 더 높게 나타났다. Ca/P ratio는 경조직의 무기질화 또는 석회화 정도를 나타낸다[35]. 이 값이 높을수록 더 광화 되어 있다고 할 수 있으며, 낮을수록 저광화 되어, 우식 및 산에 취약할 수 있다. 일반적으로 Ca/P ratio가 1.33 이하일 경우 우식에 취약하다고 알려져 있는데[40], 이 연구에서 정중 과잉치, 영구 중절치, 유중절치 모든 그룹에서 1.33 보다 높게 나타났다. 이를 통하여 정중 과잉치의 무기질화 또는 석회화 정도가 정상 치아와 비슷한 수준임을 유추 할 수 있다.

탄소, 산소와 같은 유기원소의 경우 정상적인 인간의 법랑질에서 4% 정도를 차지한다. 이러한 유기원소들은 대부분 법랑질 특이성 기질 단백질(enamel-specific matrix protein)인 에나멜린과 아멜로제린을 구성한다[41]. Jälevik과 Norén[42]에 따르면 탄소의 함량이 낮을수록 법랑질의 강도가 증가한다고 하였다. Crombie 등[43] 또한 동일한 결과를 발표하며 그 원인으로 수산화인회석(Hydroxyapatite)의 인산기(phosphate group)가 탄산염(carbonate)으로 대체되면서 이러한 결과가 나타난다고 하였다. 이 연구에서 Ca/C ratio의 경우 정중 과잉치는 유중절치보다 높게 나타났으며, 영구 중절치와 비교 시 낮게 나타났지만 통계적 유의성은 없었다.

이러한 결과를 바탕으로 이 연구에서 관찰한 정중 과잉치의 경우 영구 중절치와 비슷한 법랑소주, 칼슘과 인 함량을 지니며, 정상 영구 중절치와 비슷한 기계적 성질을 가짐을 유추 할 수 있고, 유중절치와 비교 시 두꺼운 법랑질 두께와 큰 법랑소주, 높은 무기질 함량을 지니면서 유중절치보다 향상된 기계적 성질과 우식, 침식에 대한 향상된 내성을 지닐 것으로 생각된다. 또한 정중 과잉치의 이식 및 재식과 같은 임상적 활용을 고려하였을 때, 정상 영구 중절치에 근접한 내구성과 침식 및 우식에 대한 저항성을 지닐 것으로 생각된다.

이 연구의 한계점으로 매복된 정중 과잉치와 구강 내의 영구 중절치, 유중절치를 이용하면서 시료의 환경에 따른 오차가 발생할 수 있다. 또한 정중 과잉치 중 가장 빈도가 높은 원추형의 정중 과잉치를 사용하였는데, 결절형과 정상치형의 정중 과잉치에서 형태의 차이에 따른 법랑질 성질 차이가 있는지 추가적으로 연구가 필요할 것으로 생각된다. 임상적으로 재식 및 이식을 위하여 정중 과잉치를 이용 시 치관부의 해부학적 구조물도 중

요하지만, 치근 또한 이식 및 재식시 유지를 위한 중요한 해부학적 구조이다. 이식 및 재식시 치근의 발육 정도가 3/4에서 4/4 성장 시 가장 예후가 좋으며 심하게 만곡 되지 않은 치근의 형태일수록 예후가 좋다[25]. 이 연구에서 정중 과잉치의 법랑질은 영구 중절치와 비슷한 성질을 지니며, 내구성을 지닐 것으로 유추할 수 있지만, 이식 및 재식과 같은 임상적 이용 성공률을 높이기 위하여 향후 치근에 대한 평가도 추가적으로 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

이 연구에서는 정중 과잉치 법랑질의 특성에 대하여 FE-SEM 및 EDS를 이용하여 분석 및 영구 중절치와 유중절치의 특성과 비교하였다. 법랑소주 직경에 있어서 정중 과잉치는 유중절치보다 컸으며($p < 0.05$), 영구 중절치와는 통계적으로 유의할만한 차이가 없었다. 법랑질 두께의 경우 유중절치보다는 정중 과잉치가, 정중 과잉치 보다는 영구 중절치가 더 두껍게 나타났다($p < 0.05$). EDS를 이용한 성분 분석에서는 칼슘의 경우 영구 중절치와 정중 과잉치는 차이가 없었으나, 유중절치 보다는 크게 나타났다($p < 0.05$). 인의 경우는 유중절치보다 영구 중절치에서 높은 함량을 나타냈고($p < 0.05$), 정중 과잉치는 유중절치보다는 크고 영구 중절치 보다는 작았지만 통계적 유의성은 없었다. Ca/P ratio와 Ca/C ratio에서는 영구 중절치와 정중 과잉치는 통계적으로 유의할만한 차이가 없었으나, 유중절치의 경우 두 그룹보다 낮게 나타났다. 이러한 정중 과잉치의 법랑질 특성을 고려해 보았을 때, 정중 과잉치는 유중절치보다 영구 중절치와 비슷한 성질의 법랑질을 가짐을 유추 할 수 있었고, 임상적으로 재식 및 이식 시에 정상 영구치와 유사한 내구성을 지닐 것으로 생각된다.

References

1. Primosch RE : Anterior supernumerary teeth - assessment and surgical intervention in children. *Pediatr Dent*, 3:204-215, 1981.
2. Parolia A, Kundabala M, Tomas MS, *et al.* : Management of supernumerary teeth. *J Conserv Dent*, 14:221-224, 2011.
3. Lee YS, Kim JW, Lee SH : A study of the correlation between the features of mesiodens and complications. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 26:275-283, 1999.
4. Mitchell L : An Introduction to Othodontics, 1st ed. Oxford University Press, 23-25, 1996.
5. Choi BJ, Lee YS, Kim SO, Lee JH : Study of invertly im-

- pected supernumerary teeth in the midpalatal region using computerized tomography. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 30:363-372, 2003.
6. Nam OH, Lee HS, Choi SC, *et al.* : Characteristics of mesiodens and its related complications. *Pediatr Dent*, 37:105-109, 2015.
 7. Giancotti A, Grazzini F, Arcuri C, *et al.* : Multidisciplinary evaluation and clinical management of mesiodens. *J Clin Pediatr Dent*, 26:233-237, 2002.
 8. Tyrologou S, Koch G, Kuro J : Location, complications and treatment of mesiodentes - a respective study in children. *Swed Dent J*, 29:1-9, 2005.
 9. Asaumi JI, Shibata Y, Kishi K, *et al.* : Radiographic examination of mesiodens and their associated complications. *Dentomaxillofac Radiol*, 33:125-127, 2004.
 10. Hurlen B, Humerfelt D : Characteristics of premaxillary hyperdontia. A radiographic study. *Acta Odontol Scand*, 43:75-81, 1985.
 11. Park K, Lee D, Kim J, *et al.* : Timing for removal of mesiodens in relation to the maxillary central incisors. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 43:246-253, 2016.
 12. Dharmani U, Rajput A, Verma M, *et al.* : Successful autotransplantation of a mature mesiodens to replace a traumatized maxillary central incisor. *Int Endod J*, 48:619-626, 2015.
 13. Lee Y, Chang SW, Kum KY, *et al.* : Autotransplantation of mesiodens for missing maxillary lateral incisor with cone-beam CT-fabricated model and orthodontics. *Int Endod J*, 47:896-904, 2014.
 14. Ephraim R, Dilna NC, Sreedevi S, Shubha M : A labially positioned mesiodens and its repositioning as a missing central incisor. *J Int Oral Health*, 6:114-117, 2014.
 15. Wang LJ, Tang R, Nancollas GH, *et al.* : Enamel demineralization in primary and permanent teeth. *J Dent Res*, 85:359-363, 2006.
 16. Lucchese A, Storti E : Morphological characteristics of primary enamel surfaces versus permanent enamel surfaces: SEM digital analysis. *Eur J Paediatr Dent*, 12:179-183, 2011.
 17. Ronald S, Jack F, John P : Craig's Restorative Dental Material, 14th ed. Mosby, 277-278, 2018.
 18. LeGeros RZ, Piliro JA, Pentel L : Comparative properties of deciduous and permanent (young and old) human enamel. *Gerodontol*, 2:1-8, 1983.
 19. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM : A new system of dental age assessment. *Hum Biol*, 45:211-227, 1973.
 20. Shin YS, Kim JB, Kim JS : Relationship with passage time of human dental pulp stem cells from supernumerary tooth by classification. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 43:419-426, 2016.
 21. Agostini FG, Kaaden C, Powers JM : Bond strength of self-etching primers to enamel and dentin of primary teeth. *Pediatr Dent*, 23:481-486, 2001.
 22. Tedesco TK, Soares FZ, Rocha Rde O, *et al.* : Effect of cariogenic challenge on bond strength of adhesive systems to sound and demineralized primary and permanent enamel. *J Adhes Dent*, 16:421-428, 2014.
 23. Salama FS, Tao L : Comparison of Gluma bond strength to primary vs. permanent teeth. *Pediatr Dent*, 13:163-166, 1991.
 24. Vilhjálmsson VH, Knudsen GC, Grung B, Bårdsen A : Dental auto-transplantation to anterior maxillary sites. *Dent Traumatol*, 27:23-29, 2011.
 25. Kim SK, Baik BJ, Kim JG, Yang YM : Autotransplantation of impacted maxillary canines. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 34:481-489, 2007.
 26. Penny RE, Kraal JH : Crown-to-root ratio: its significance in restorative dentistry. *J Prosthet Dent*, 42:34-38, 1979.
 27. The Korean Academy of Conservative Dentistry : Operative Dentistry, 3rd ed. Shinhung INC., Seoul, 12-17, 2010.
 28. Marquezan M, da Silveria BL, Kramer PF, *et al.* : Microtensile bond strength of contemporary adhesives to primary enamel and dentin. *J Clin Pediatr Dent*, 32:127-132, 2008.
 29. Wang LJ, Tang R, Nancollas GH, *et al.* : Enamel demineralization in primary and permanent teeth. *J Dent Res*, 85:359-363, 2006.
 30. Christopher A, Krishnakumar R, Reddy NV, Rohini G : Effect of enamel deproteinization in primary teeth. *J Clin Pediatr Dent*, 42:45-49, 2018.
 31. De Menezes Oliveira MA, Torres CP, Borsatto MC, *et al.* : Microstructure and mineral composition of dental enamel of permanent and deciduous teeth. *Microsc Res Tech*, 73:572-577, 2010.
 32. Sabel N : Enamel of Primary Teeth - morphological and chemical aspects. *Swed Dent J Suppl*, 222:1-77, 2012.
 33. Davette JH, Brett C, Gray F, *et al.* : Wear of Primary Tooth Enamel by Ceramic Materials. *Pediatr Dent*, 38:519-522, 2016.
 34. Poorni S, Kumar RA, Ramachandran S, *et al.* : Effect of 10% sodium ascorbate on the calcium: Phosphorus ratio of enamel bleached with 35% hydrogen peroxide: an in vitro quantitative energy-dispersive X-ray analysis. *Contemp Clin*

- Dent*, 1:223-226, 2010.
35. Das B, Muthu MS, Farzan JM : Comparison of the chemical composition of normal enamel from exfoliated primary teeth and teeth affected with early childhood caries: an in vitro study. *Int J Paediatr Dent*, 26:20-25, 2016.
 36. Muhamad A, Moti M, Ornit C, Uri Z : Histological and chemical analyses of mesiodens development and mineralization. *Arch Oral Biol*, 87:191-195, 2018.
 37. Sasaki T, Debari K, Garant PR : Ameloblast modulation and changes in the Ca, P, and S content of developing enamel matrix as revealed by SEM-EDX. *J Dent Res*, 66:778-783, 1987.
 38. Kodaka T, Debari K, Yamada M, Kuroiwa M : Correlation between microhardness and mineral content in sound human enamel (short communication). *Caries Res*, 26:139-141, 1992.
 39. Tanaskovic-Stankovic S, Tanaskovic I, Milosavljevic Z, *et al.* : The mineral content of the hard dental tissue of mesiodens. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 162:149-153, 2018.
 40. Gutiérrez-Salazar MP, Reyes-Gasga J : Microhardness and chemical composition of human tooth. *Mat Res*, 6:367-373, 2003.
 41. Taube F, Marczewski M, Norén JG : Deviations of inorganic and organic carbon content in hypomineralised enamel. *J Dent*, 43:269-278, 2015.
 42. Jälevik B, Norén JG : Enamel hypomineralization of permanent first molars: a morphological study and survey of possible aetiological factors. *Int J Paediatr Dent*, 10:278-289, 2000.
 43. Crombie FA, Manton DJ, Reynolds EC, *et al.* : Characterisation of developmentally hypomineralised human enamel. *J Dent*, 41:611-618, 2013.

국문초록

정중 과잉치 법랑질의 SEM/EDS 분석

오나경¹ · 이제식¹ · 남순현¹ · 권태엽² · 김현정¹

¹경북대학교 치의학대학원 소아치과학교실

²경북대학교 치의학대학원 치과생체재료학교실

이 연구는 정중 과잉치 법랑질의 구조학적 및 형태학적 특징에 대하여 주사형 전자현미경(FE-SEM)과 에너지 분산형 분광분석법(EDS)을 이용하여 관찰하고 영구 중절치와 유중절치의 법랑질 구조 및 형태와 차이점에 대하여 평가하고자 하였다.

15개의 정중 과잉치, 영구 중절치와 유중절치를 이용하였으며, 법랑질의 두께와 법랑소주 직경에 대하여 FE-SEM을 이용하여 측정 및 관찰하고, 성분 분석을 위하여 EDS를 이용하였다. 그 결과 법랑소주 두께의 경우 영구 중절치, 정중 과잉치, 유중절치 순으로 나타났다. 법랑소주의 직경의 경우 영구중절치와 정중 과잉치에서는 유의할 만한 차이가 없었으며, 유중절치는 두 그룹에 비해서 작게 나타났다. 성분 분석 시 칼슘의 경우 영구 중절치와 정중 과잉치에 있어서 통계적 유의성이 없었으며, 유중절치는 작게 나타났다. Ca/P ratio의 경우 정중 과잉치와 영구 중절치는 비슷한 수치를 나타내며 통계적 유의성이 없었고, 유중절치보다는 두 그룹 모두 높게 나타났다. Ca/C ratio의 경우 마찬가지로 정중 과잉치와 영구 중절치에서 유중절치보다 높게 나타났다. 이를 통하여 정중 과잉치의 법랑질 특성은 유중절치보다는 영구 중절치와 더 유사함을 알 수 있고, 임상적으로 정중 과잉치의 활용 시 영구 중절치와 비슷한 법랑질 성질을 지님을 유추할 수 있다.