



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](#)

구강 스캐너의 근적외선 광원을 활용한
초기 인접면 치아우식 이환율 및
교정치료에 따른 우식 변화 양상의 추적

연세대학교 대학원

치 의 학 과

조 병 수

구강 스캐너의 근적외선 광원을 활용한
초기 인접면 치아우식 이환율 및
교정치료에 따른 우식 변화 양상의 추적

지도교수 정 주 령

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2024년 7월 2일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

조 병 수

조병수의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 정 주 령 인

심사위원 김 경 호 인

심사위원 이 지 현 인

연세대학교 대학원

2024년 6월 일

감사의 글

논문이 완성되기까지 많이 부족한 제게 모든 과정에서 아낌없는 도움을 주시고, 많은 지도와 인내, 관심으로 이끌어주신 정주령 교수님께 진심으로 감사드립니다. 바쁘신 와중에도 세심한 조언과 훌륭한 가르침을 주신 김경호 교수님과 이지현 교수님께 진심으로 감사드립니다.

제게 교정학에 대한 많은 가르침을 베풀어 주신 유형석 교수님, 이기준 교수님, 차정열 교수님, 최윤정 교수님, 최성환 교수님, 박선형 교수님, 최재훈 교수님, 김하림 교수님께도 깊이 감사드립니다.

의국 생활을 하며 많이 부족한 저를 이끌어 준 장호식, 황우찬, 김지훈, 오채희, 김한결, 이현아 선배님과, 함께 수련 받고 있는 소중한 동기 이현지 선생, 항상 고맙고 진정으로 아끼는 김연희, 조신영, 임재현, 주희돈 선생에게 많은 감사를 전합니다.

마지막으로 언제나 제 편에 서서 묵묵히 응원해주고 늘 힘이 되어 주는 사랑하는 부모님과 동생에게 정말 감사하다는 말을 전합니다.

2024 년 7 월
저자 씀

차 례

그림 차례	ii
표 차례	iii
국문 요약	iv
I. 서론	1
II. 연구 대상 및 방법	5
1. 연구대상 및 자료	5
2. 연구방법	7
가. 구강 스캔 영상의 채득 및 분석 영상의 확보	7
나. 인접면 치아우식의 분석	9
다. 인접면 치아우식 유병률의 평가	11
라. 인접면 치아우식 발생률의 측정	11
마. 영향 요인	12
바. 통계 분석	14
III. 결과	16
1. 치료 전 (T0) 인접면 치아우식의 유병률과 성별, 연령에 따른 인접면 치아우식의 분포 양상	15
2. 교정치료 중 인접면 치아우식의 유병률 변화 및 새로운 우식 발생 빈도	18
3. 임상 요인에 따른 교정 치료 중 인접면 치아우식의 발생 비교	21
IV. 고찰	24
V. 결론	32
참고문헌	34

영문요약..... 36

그림 차례

Figure 1 Flow chart to monitor the changes of proximal caries during orthodontic treatment using intraoral scans with near-infrared images (NIRI)	6
Figure 2. Acquiring the magnified images of maxillary left first molar (NIRI and color image) from the intraoral scan of the maxillary arch.	8
Figure 3. Interproximal images of maxillary right 2nd premolar and mandibular left 1st molar.....	10
Figure 4. Intraoral scan view with NIRI & bitewing radiograph on maxillary first molar proximal caries(Mesial).....	29

표 차례

Table 1. Subject demography	13
Table 2. Prevalence of proximal caries evaluated with NIRI before orthodontic treatment	16
Table 3. Distribution of proximal caries before treatment (T0)	17
Table 4. Prevalence of proximal caries increased during orthodontic treatment ..	18
Table 5. Incidence and number of newly developed caries during treatment	19
Table 6. Distribution of newly developed proximal caries during treatment	20
Table 7. Incidence of newly developed proximal caries based on the host and treatment factors	22
Table 8. Effect of clinical factors on number of new proximal caries formation during treatment	23

국문 요약

구강 스캐너의 근적외선 광원을 활용한 초기 인접면 치아우식 이환율 및 교정치료에 따른 우식 변화 양상의 추적

연세대학교 대학원 치의학과

조 병 수

(지도 교수 : 정 주 령)

포괄적 교정치료는 치아 표면에 다양한 종류의 고정식 부착 장치를 매개로 행해지는 것이 일반적이다. 하지만 고정식 부착 장치는 치태 침착을 증가시키고 그로 인한 구강 환경의 변화를 유발하여 치아 표면 탈회의 위험요인으로 여겨진다. 특히 인접면의 경우, 각종 장치 및 와이어로 인해 관리 기구의 접근이 까다로워 우식 발생 위험이 높다고 알려져 있다. 하지만, 감별 진단을 위한 교의 방사선 영상은 초기 우식 진단에 민감도가 낮고 부착된 교정장치 또한 영상의 정확도에도 영향을 줄 수 있어 교정치료 중의 인접면 치아우식 변화에 대한 연구는 아직 제한적이다.

최근 보편화된 구강 스캐너에는 근적외선(near-infrared; NIR) 광원이 내재되어 초기 법랑질 우식을 비침습적으로 민감하게 진단할 수 있다고 보고되었다. 따라서, 본 연구에서는 구강스캐너의 근적외선 이미지(NIRI)를 활용하여 교정과 내원 환자의 인접면 우식 이환율과 분포를 확인하고 교정 치료에 따른 변화 양상을 추적하고자 하였다.

치과교정과에 내원한 총 151명의 구강 스캔 데이터의 근적외선 이미지(NIRI)를 활용하여 초진(T0)과 치료 중(T1, 치료 6개월 이상 시행)의 인접면 우식 분포를 확인하였다. 주위 어두운 법랑질 대비 명확히 구분되는 백색 병소를 인접면 우식(NIRI+)으로 정의하였으며, 완전히 맹출한 전체 치아 중 수복되지 않은 모든 치아 인접면을 관찰하여 인접면 우식의 유병률과 분포를 확인하였다. 또한, 성별, 연령, 초기 인접면 우식 이환 여부, 부착된 교정 장치의 종류, 치료 기간 등의 임상적 요인에 따른 치료 중 인접면 우식 변화 양상을 비교 분석하였고, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 총 대상자 151명 중 초진(T0)에서 1개 이상의 인접면 우식이 관찰된 대상자는 87명으로 인접면 우식 유병률은 약 57.6% (87/151)였다.
2. 초진 시(T0) 인접면 우식은 상악과 하악에서 각각 149개(69.3%), 66개(30.7%) 관찰되어 상악에서 하악의 2배 이상 많았으며, 상악 제 1대구치(53개, 24.7%), 상악 제 2 소구치(33개, 15.3%), 하악 제 1대구치(30개, 14.0%), 상악 제 1 소구치(28개, 13.0%) 순으로 분포하였다.

3. 총 대상자 151명 중 치료 중(T1) 측정된 인접면 우식 유병률은 67.6% (102/151)로 초진(T0, 57.6%) 대비 유의하게 높았으며($p < 0.005$), 치료 중 1개 이상의 새로운 인접면 우식이 발견된 대상자는 72명으로, 치료 중 인접면 우식의 발생률은 47.7% (72/151) 였다.
4. 치료 중(T1) 발생한 인접면 우식은 상악과 하악에서 각각 101개(76.5%), 31개(23.5%)로 상악에서 하악보다 3배 이상 많았으며, 상악 제 1 대구치(29개, 22.0%), 상악 제 1 소구치(27개, 20.5%), 상악 제 2 소구치(17개, 12.9%), 하악 제 1 대구치 (16개, 12.1%) 순으로 인접면 우식이 많이 발생하였다.
5. 교정치료 중 새로운 인접면 우식 발생률은 초진 시(T0) 인접면 우식이 존재한 경우와 존재하지 않은 경우 각각 58.6% (51/87)와 32.8% (21/64)로, 초진 시 인접면 우식이 존재한 경우 치료 중 추가적인 인접면 우식이 관찰될 가능성이 유의하게 높았다 ($p < 0.05$).
6. 치료 중 새로운 인접면 우식이 발생된 군의 평균연령은 약 24.2세로, 비발생군 (약 30.9세)에 비해 평균 연령이 유의하게 낮았다. ($p < 0.05$).
7. 교정치료 중 발생한 인접면 우식의 개수가 높을 수록 치료기간이 유의하게 증가하였다. ($p < 0.05$)

핵심이 되는 말: 인접면 우식, 구강 스캐너, Near-infrared imaging (NIRI), 유병률, 발생률, 분포, 연령, 초기 인접면 우식 이환 여부, 교정 장치의 종류, 치료기간

구강 스캐너의 근적외선 광원을 활용한 초기 인접면 치아우식 이환율 및 교정치료에 따른 우식 변화 양상의 추적

연세대학교 대학원 치의학과

조 병 수

(지도 교수 : 정 주 령)

I. 서론

포괄적 교정치료에서 시행하는 치아의 배열과 이동은 일반적으로 치아 표면에 부착되는 다양한 종류의 고정식 치아교정장치를 매개로 행해진다. 고정식 치아교정장치에는 헴/설측에 부착되는 conventional 브라켓, 각종 tube형 장치 및 투명교정장치를 위한 attachment 등 그 형태와 종류가 다양하고 통상적인 장치의 평균 부착 기간은 약 20~24개월로 알려져 있다(Kirsty, J. et al, 2006; Debra, F. et al, 1992). 고정식 치아교정장치는 장치 주위로의 치태 응집을 증가시켜 구강내 세균총의 변화와 타액의 흐름(salivary flow) 저하, 그리고 pH를 감소시키는 등의 구강 환경 변화

를 유발할 수 있다(Kristina. P. et al, 2011; Sepideh, A. et al, 2016; Mitchell, L. 1992). 이러한 구강 환경의 변화는 구강위생관리가 잘 되지 않는 일부 환자에서 에나멜 표면 탈회의 가속화에 의한 백색 반점(white spot)을 비롯한 우식 발생 위험의 증가로 이어질 수 있기에 교정장치 부착은 우식 발생의 위험요인으로 보고되고 있다(Amid I Ismail. 2015). 또한 우식 경험이 있는 환자에서 교정치료 후 충치 발생이 더 높게 나타난다고 알려져 있으므로(Ogaard, B. et al, 1988), 장기간 교정장치를 부착하는 환자에서의 치료 전 법랑질 탈회 및 우식에 대한 진단과 치료 중의 주기적 관찰은 매우 중요하다.

고정식 치아교정장치의 부착에 의한 에나멜 표면 탈회는 전치부 협면의 백색 반점(white spot)과 인접면 관리의 어려움에 기인한 인접면 치아우식(proximal caries)으로 나눌 수 있다. 전치부 협면에서 관찰되는 백색 반점의 경우 육안으로 관찰이 쉽고 임상 사진을 활용한 전후 비교 및 자료 채득이 용이하여 교정치료 후 백색 반점의 생성 및 개수 증가와 관련한 다수의 연구가 보고되고 있다. 교정치료 후 25~72.9%의 환자에서 전치부에서 1개 이상의 백색 반점 생성이 보고되고 있으며, 환자의 구강위생과 연령, 총 교정치료기간 등이 그 위험요인으로 보고되고 있다(Joshua A, et al. 2010; Katie C, et al. 2013; Amy E Richter, et al. 2010).

반면, 인접면 치아우식의 경우 접촉점의 최외각 에나멜 층이 탈회되며 생겨나기 때문에 백색 반점과 달리 육안으로의 조기 진단에 어려움이 있다. 따라서 교익 방사선 사진(bite-wing)이 촬영되나, 이는 30% 이상의 탈회가 진행된 경우는 유용하지만, 에나멜에 국한된 초기 우식의 진단에는 민감도가 낮다고 알려져 있다(J. Artun, et al. 1986; F Schwendichke, et al, 2015). 또한, 부착된 고정식 장치는 우식 진단

정확도에 영향을 끼치고 (Badawi, H. et al, 2003), 관찰 목적의 주기적인 방사선 노출에도 어려움이 있어 교정 치료 중의 인접면 치아우식 변화에 대한 보고는 제한적이다.

한편, 최근 디지털 치의학의 발전으로 교정 치료 시 구강 스캐너의 활용이 높아졌다. (Elnagar et al., 2020; Keul and Güth, 2020). 구강 스캐너는 백색광을 조사하고 치아 표면을 여러 각도에서 촬영하여 반사되어 오는 정보를 통해 물체의 삼차원적 좌표를 얻는 원리로 (Richert. et al, 2017), 전반적인 악궁이나 치아의 형태, 교합 관계를 확인하는데 유용하게 사용되고 있다 (Michou et al, 2020). 교정 임상에 있어서도 구강 스캐너를 통해 비침습적으로 구강내 기록을 채득하여 진단에 활용할 뿐 아니라, 디지털을 기반으로 공간의 제약없이 기록을 보관할 수 있어 기존의 인상 채득 및 모형 제작 과정을 대체하고 있는 추세이다 (Lecocq, 2016).

이와 더불어 최근 근적외선(NIR; near-infrared 850nm)이 구강 스캐너의 광원으로 쓰이고 있다. 근적외선은 x선과 달리 non-ionizing의 무해한 광원이며, 2차원이 아닌 3차원의 다각도로 빛의 조사가 가능하고 구조물의 산란 계수 차이에 따라 투과도가 달라지기 때문에 복잡한 형태를 가진 치아 형태의 3차원적 분석을 유용하게 하여 수복물의 구분, crack, 치아의 구조적 결함 등의 파악에 유용하게 활용되고 있다(Keith et al, 2017). 일부 스캐너에는 백색광과 더불어 근적외선 추가 광원이 내재되어 있어서 구강내 스캔이미지를 채득함과 동시에 근적외선 이미지(NIRI; near-infrared imaging)를 동시 획득한다. 이는 건전한 법랑질과 상아질, 병소 부위에 따라 나타나는 투과도 차이를 상의 밝기에 반영하기 때문에 인접면 치아 우식이나 구조적 결함의 감지에 활용할 수 있다(Zvi et al. 2022; Michou et al., 2022;

Priyanka Keshav). 스캐너를 통해 획득한 근적외선 이미지(NIRI)을 활용하여 치아 우식을 진단 할 경우, 임상 검사만 시행한 경우와 비교 시 높은 우식 민감도를 보였으며(J Cao et al. 2023), 교익방사선영상에 비해 높은 초기 인접면 우식 특이도를 보인다고 보고되었다.(Frlederike et al. 2022). 또한, micro CT를 reference standard로 시행된 최근 연구에 따르면 교익 방사선 촬영보다 초기 인접면 우식에 대해 높은 특이도 및 중등도의 민감도를 보였으며, 검사자 간 신뢰도 및 오류율(error rate) 또한 양호하였음이 입증되었다.(Adam, et al. 2024; Kyle, et al. 2024).

따라서 본 연구에서는 850nm의 근적외선 광원이 내재된 구강 스캔 데이터를 활용하여 교정환자군의 인접면 우식의 이환률과 분포 양상을 파악하고 치료 중 우식의 변화를 추적하고자 한다. 또한 성별, 연령, 치료 전 인접면 우식 이환 여부와 같은 개체요인이나 치료기간, 부착 장치 종류 등의 치료 요인 등 각종 임상요인과의 상관성을 파악하고자 하였다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상 및 자료

본 연구는 후향적 연구로 연구대상 수집 및 자료 채득에 관하여 기관 IRB 승인을 받은 후 연구를 진행하였다 (IRB No. : 3-2022-0463). 2020년 7월부터 2023년 6월 사이에 연세대학교 강남세브란스병원 치과교정과에서 채득된 전악 스캔 대상자 중 다음의 기준을 만족하는 상악 스캔 자료를 활용하였다.

- 1) 치료 전 (T0) 스캔 시 나이가 10세 이상인 경우
- 2) 치료 전(T0)과 교정치료 개시 후 6개월 이상 경과 시점(T1)의 구내 전악 스캔과 NIRI, 구강내 5분할 사진이 모두 존재하는 경우

총 158명의 스캔 자료가 확보되었으며, 두명의 연구자가 별도로 확인 후 아래와 같은 경우 분석 대상에서 제외하였다.

- 1) 가철식 장치나 공간유지장치만을 사용하여 치아표면에 부착물이 접착되지 않은 경우 (5명)
- 2) 스캔 영상의 화질이 낮아 치아 표면 관찰이 어렵다고 두 명의 연구자(C.H.O., S.Y.) 모두 판단한 경우 (2명)

최종적으로 총 151명의 대상자의 전악 스캔 영상을 이용하여 각 시기별 인접면
 치아우식 부위(치식 및 근/원심 위치), 총 개수를 기록하였고, 환자의 성별과 연령,
 부착한 교정 장치의 종류를 의무기록을 통해 조사하였다 (Figure 1).

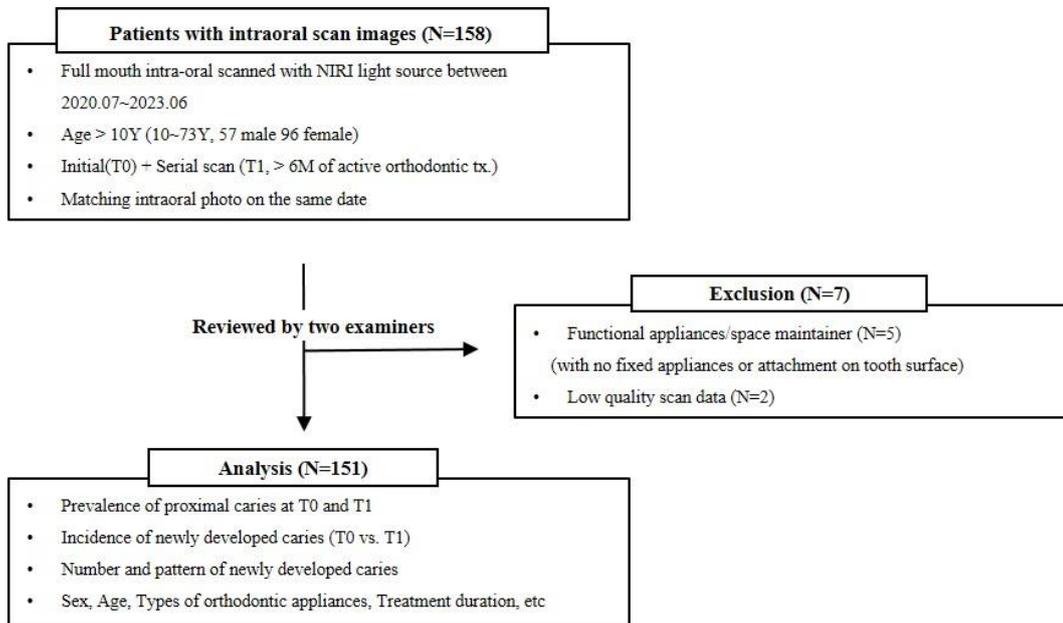


Figure 1. Flow chart to monitor the changes of proximal caries during orthodontic treatment using intraoral scans with near-infrared images (NIRI).

2. 연구방법

가. 구강 스캔 영상의 채득 및 분석 영상의 확보

전악 구강 스캔은 강남세브란스 병원 치과교정과 외래의 LED 조명 하에서 대상자가 덴탈 체어에 누운 상태로 iTero 5D element®(Align Technology Inc., San Jose, CA, USA)를 이용하였으며 스캔 시 NIRI 광원이 동시에 적용되었다. 구강스캔한 데이터를 Myitero 뷰어 사이트(<http://www.myitero.com>, Align Technology Inc., San Jose, CA, USA)의 확대경 도구를 이용하여 관찰하였다(Figure 2). NIRI 이미지와 컬러 이미지를 모두 볼 수 있는 모드로 세팅하여 다양한 각도에서 인접면 치아우식의 존재여부를 평가하였다. 수복물이 존재하지 않고 맞닿은 인접치아가 존재하는 모든 자연치 인접면을 평가대상으로 하였으며 발견된 인접면 치아우식의 치식과 근/원심 위치를 기록하였다.

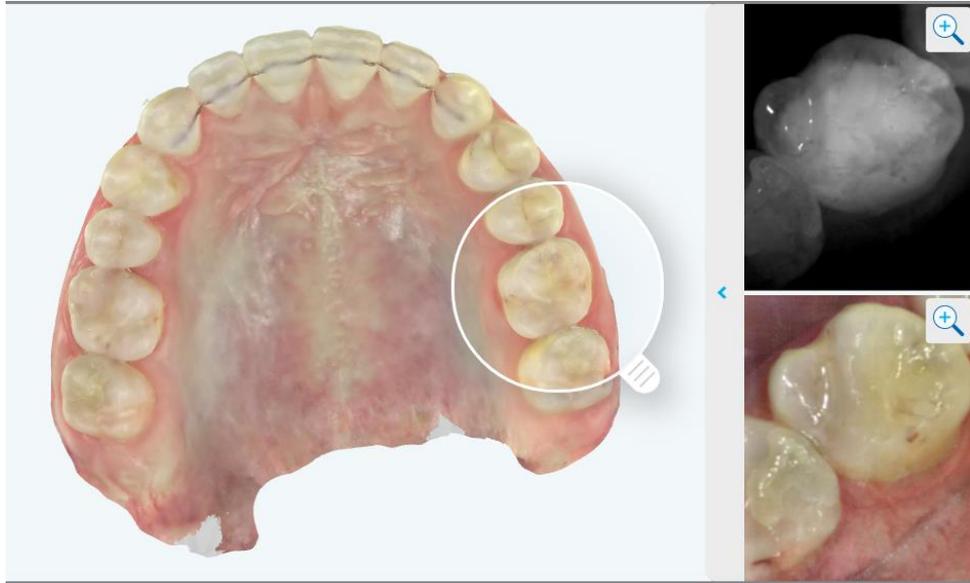


Figure 2. Acquiring the magnified images of maxillary left first molar (NIRI and color image) from the intraoral scan of the maxillary arch.

나. 인접면 치아우식의 분석

인접면 치아우식은 해당 부위 구내사진 (Figure 3A) 과 스캔의 컬러 이미지(Figure 3B)에서는 거의 식별이 어려웠던 반면, NIRI 이미지 상에서는 어두운 법랑질과 대비되는 흰색 병소로 명확하게 구분되었다(Figure 3C, 붉은 화살표). 본 연구에서는 구강내 완전 맹출한 치아들의 수복되지 않은 모든 인접면에서의 인접면 치아우식 이환 여부를 기록하였다. 본 연구에서는 NIRI 이미지 상에서 주위의 건전한 어두운 법랑질에 대비하여 명확하게 구분되는 진한 백색 병소에 대해 2명의 연구자(C.H.O, S.Y)에 의해 독립적으로 검사하여 두 명의 검사결과가 일치한 경우, 이를 인접면 치아우식 (Proximal caries, NIRI+)으로 정의하였다(Figure 3C, 3D). 근적외선 영상(NIRI)을 이용한 인접면 치아우식 평가는 도입 단계이므로 연구자간 평가의 재현성을 평가하기 위해 무작위로 30명의 자료를 추출하여 총 799개의 인접면에 대한 2명의 연구자간 신뢰도 측정을 시행하였으며 Cohen' s kappa 계수는 0.76로 substantial한 신뢰도가 확인되었다.

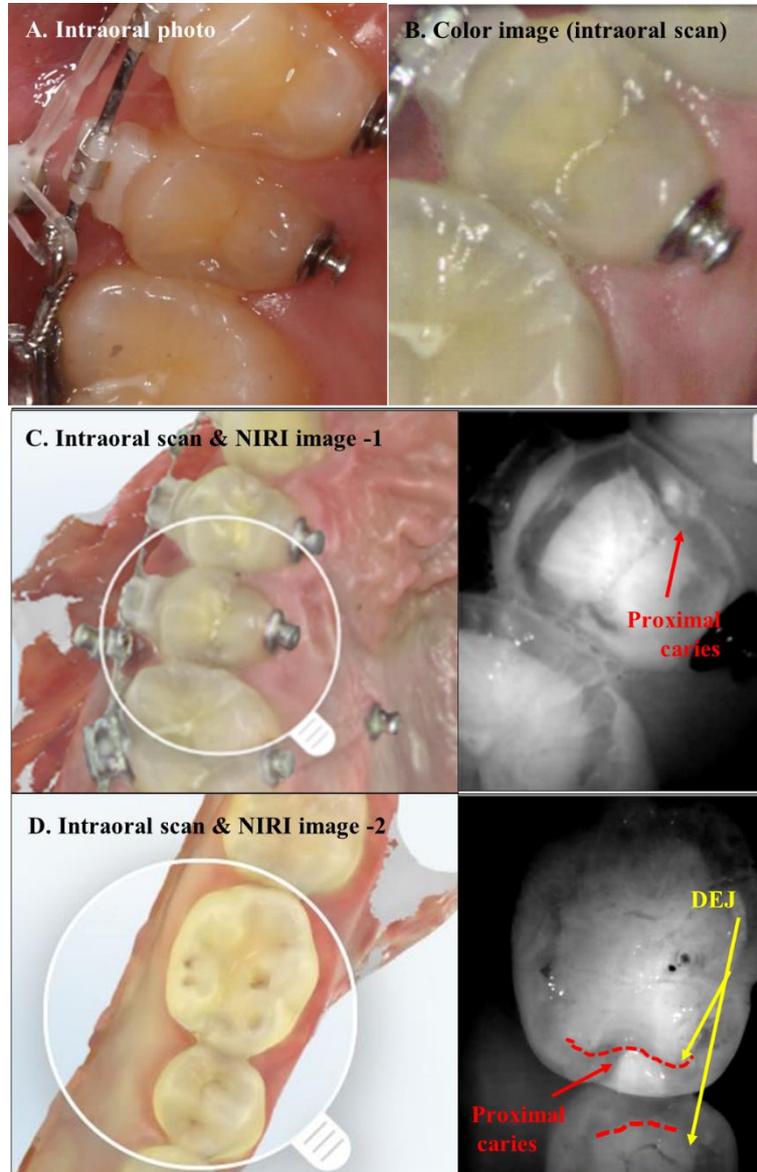


Figure 3. Interproximal images of maxillary right 2nd premolar (patient I – A,B,C) and mandibular left 1st molar (patient II - D)

A, Intraoral photo (patient I)

B, Color image from intraoral scan (patient I)

C, NIRI image from intraoral scan (patient I)

D, NIRI image from intraoral scan (patient II)

Distinct proximal caries (red arrow) was noted in NIRI images.

다. 인접면 치아우식 유병률의 평가

인당 존재하는 모든 인접면 중 1면 이상에서 인접면 치아우식이 관찰되는 경우, NIRI(+) 군으로, 모든 인접면에서 인접면 치아우식이 확인되지 않는 경우를 NIRI(-) 군으로 분류하였다. 인접면 치아우식의 유병률은 총 대상자에 대한 NIRI(+) 군의 백분율로 평가하였다.

라. 인접면 치아우식 발생률의 측정

초진 내원 시(T0)로부터 치료 6 개월 이상 경과한 시점(T1)을 비교하였을 때, 인당 존재하는 모든 인접면 중 1 면 이상에서 새로이 발생한 인접면 치아우식이 관찰되는 경우 치료 중 인접면 치아우식 발생군으로 분류하였으며, 인접면 치아우식 발생률(Incidence)은 총 대상자 중 인접면 치아우식 발생군의 백분율로 평가하였다. 또한 치료 중 발생한 인접면 치아우식에 대한 위치와 부위를(치식과 근/원심 위치) 파악하였다.

마. 영향 요인

개체 또는 치료 요인은 교정치료 중 인접면 치아우식 발생에 영향을 줄 수 있으므로 (Katie C, et al. 2013; Amy E Richter, et al. 2010) 의무기록을 통해 성별, 연령, 교정 장치의 종류 및 치료 기간을 확인하였다. 연령은 초진 스캔 시 나이에 맞춰 10대 (10세 이상 19세 이하), 20대 (20세 이상 29세 이하), 30대 (30세 이상 39세 이하), 40대 (40세 이상 49세 이하), 50세 이상으로 구분하였다. 교정 장치는 고정식 부착장치(협, 설측 브라켓)를 부착한 경우를 conventional fixed appliance군으로, sectional tube appliance를 부착한 경우 customized minitube appliance 군으로, 투명교정장치 치료를 위해 치아 표면에 attachment를 부착한 경우 clear aligner 군으로 분류하였다. (Table 1) 전체 대상자 군의 평균 연령은 27.7 ± 16.9 세, 평균 치료기간은 14.3 ± 6.7 개월로 확인되었다.

Table 1. Subject demography

Category	N (%)	Statistics
Age(Y)		Mean±SD
10~19	75(49.7%)	27.72±16.88 (Y)
20~29	23(15.2%)	
30~39	13(8.6%)	
40~49	18(11.9%)	
50≤	22(14.6%)	
Gender		
Male	57(37.7%)	
Female	94(62.3%)	
Type of appliances		
Conventional fixed appliances	76(50.3%)	
Customized minitube appliances	32(21.2%)	
Clear aligners	43(28.5%)	
Total	151(100.0%)	

바. 통계 분석

연령대와 성별 간 인접면 치아우식의 초기 유병률을 비교하고 치료 전후의 인접면 우식의 유병률 변화의 유의성, 각종 임상요인과 발생률의 상관성을 평가하기 위해 Chi-square test 를 시행하였다. 발생군/비발생군 간의 대상자 평균 연령 및 치료요인의 차이를 파악하기 위해 independent t-test 시행하였으며, 발생한 인접면 우식 개수와 치료기간의 연관성 파악을 위해 ANOVA, Post-Hoc Analysis 를 시행하였다. 자료의 통계 분석은 SAS version 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA) 과 R statistics 4.1.1. (<http://www.r-project.org>)를 사용하였고, 통계학적 유의수준 p 는 0.05 로 설정하였다.

Ⅲ. 결과

1. 치료 전 (T0) 인접면 치아우식의 유병률과 성별, 연령에 따른 인접면 치아우식의 분포 양상

NIRI 이미지를 이용하여 치료 전 (T0) 구강내 스캔 이미지의 비수복된 모든 인접면을 평가한 결과, 총 151명의 대상자 중 87명에서 최소 1개 이상의 인접면 우식이 관찰되어 인접면 우식의 유병률은 약 57.6%였다. 성별에 따른 인접면 우식의 유병률은 남자에서 59.7% (34/57), 여자에서 56.4% (53/94)로 나타났으며 둘 사이의 유의한 차이는 없었다. 연령대에 따른 인접면 우식의 유병률은 10대에서 62.7% (47/75), 20대에서 60.9% (14/23), 30대에서 69.2% (9/13), 40대에서 44.4% (8/18), 50세 이상에서 40.9% (9/22)로 10-30대에서 60%이상의 다소 높은 유병률이 확인되었으나, 연령대 간 통계적으로 유의한 차이는 존재하지 않았다(Table 2).

Table 2. Prevalence of proximal caries evaluated with NIRI before orthodontic treatment.

Category	Total	NIRI(-)	NIRI(+)	Prevalence(%)	<i>p</i> -Value
Age					0.249
10~19	75(100.00)	28(37.33)	47(62.67)	62.67	
20~29	23(100.00)	9(39.13)	14(60.87)	60.87	
30~39	13(100.00)	4(30.77)	9(69.23)	69.23	
40~49	18(100.00)	10(55.56)	8(44.44)	44.44	
50~	22(100.00)	13(59.09)	9(40.91)	40.91	
Gender					0.694
Male	57(100.00)	23(40.35)	34(59.65)	59.65	
Female	94(100.00)	41(43.62)	53(56.38)	56.38	
Total	151	64(42.38)	87(57.62)	57.62	

NIRI(-) : subjects with no proximal caries / NIRI(+) : subjects with at least 1 proximal caries
p-values were calculated using chi-square test.

치료 전(T0) 관찰된 인접면 우식은 총 215개 였으며 상악에서 149개(69.3%), 하악에서 66개(30.7%) 분포하여, 상악에서 하악의 2배 이상 달하는 인접면 우식이 관찰되었다. 치아별로 보면, 상악 제1대구치(53개, 24.7%)에서 가장 많은 인접면 우식이 관찰되었으며, 다음으로 상악 제 2 소구치 (33개, 15.3%), 하악 제 1대구치(30개, 14.0%), 상악 제 1 소구치 (28개, 13.0%) 순으로 인접면 우식이 관찰되었다(Table 3).

Table3. Distribution of proximal caries before treatment (T0)

Site	Number of proximal cares			
	Maxilla		Mandible	
	N (Mesial/Distal)	Percentage(%)	N (Mesial/Distal)	Percentage(%)
Central incisors	9 (4/5)	4.2	0 (0/0)	0.0
Lateral incisors	7 (3/4)	3.3	0 (0/0)	0.0
Canines	7 (6/1)	3.3	1 (0/1)	0.5
1st premolars	28 (17/11)	13.0	6 (4/2)	2.8
2nd premolars	33 (28/5)	15.3	13 (9/4)	6.0
1st molars	53 (50/3)	24.7	30 (28/2)	14.0
2nd molars	12 (12/0)	5.6	19 (18/1)	8.8
Total	149	69.3	66	30.7

2. 교정치료 중 인접면 치아우식의 유병률 변화 및 새로운 우식 발생 빈도

교정치료 중 (6 개월 이상 경과 후, T1) NIRI 이미지를 분석하여 확인한 결과 총 대상자 151 명 중 102 명에서 1 개 이상의 인접면 치아우식이 발견되어 치료 중 인접면 우식의 유병률은 67.6%로, 치료 전(T0, 57.6%)에 비해 유의하게 높았다 ($p < 0.005$) (Table 4).

Table 4. Prevalence of proximal caries increased during orthodontic treatment

	Before (T0)	During treatment (T1)	<i>p</i> -value
Prevalence (%)	57.62 (87/151)	67.55 (102/151)	0.0039 **
NIRI(-) (N)	64	49	
NIRI(+) (N)	87	102	

NIRI(-) : subjects with no proximal caries / NIRI(+) : subjects with at least 1 proximal caries

p-values were calculated using McNemar's Test.

총 151 명의 대상자 중 72 명 (47.7%) 에서 1 개 이상의 새로운 인접면 치아우식이 관찰되어 교정치료 중 인접면 치아우식 발생률은 47.7% (72/151) 이었다. 인접면 치아우식이 발생하지 않은 경우는 79 명 (52.3%)으로 가장 많았으며, 1 개 발생의 경우 40 명 (26.5%), 2 개의 경우 15 명 (9.9%), 3 개의 경우 12 명 (7.9%), 4 개 이상의 경우 5 명 (3.4%) 로 발생 개수가 늘어남에 따라 발생자 수는 감소하였다. 교정치료 중 발생하는 새로운 치아 우식은 평균 0.87 ± 1.24 개였다. (Table 5).

Table 5. Incidence and number of newly developed caries during treatment

	Number of newly developed proximal caries					Total
	0, No change	1	2	3	4 ≤	
Incidence (N/total subjects)	52.3% (79/151)	26.5% (40/151)	9.9% (15/151)	7.9% (12/151)	3.4% (5/151)	100
		47.7% (72/151)				

Total number of newly developed caries : 132

Mean number of newly developed caries : 0.87 ± 1.24

치료 중 발생한 인접면 치아우식은 총 132개로 확인되었으며 상악에서 101개 (76.5%), 하악에서 31개 (23.5%) 분포하여, 상악에서 하악의 3배 이상 발생되었다. 치아 별로 보면, 상악 제 1 대구치(29개, 22.0%)에서 가장 많은 인접면 치아우식이 발생하였으며, 그 다음은 상악 제 1 소구치(27개, 20.5%), 상악 제 2 소구치(17개, 12.9%), 하악 제 1 대구치 (16개, 12.1%) 순으로 관찰되었다(Table 6).

Table 6. Distribution of newly developed proximal caries during treatment

Site	Number of new proximal cares			
	Maxilla		Mandible	
	N (Mesial/Distal)	Percentage (%)	N (Mesial/Distal)	Percentage (%)
Central incisors	6 (4/2)	4.5	0 (0/0)	0.0
Lateral incisors	5 (4/1)	3.8	0 (0/0)	0.0
Canines	3 (3/0)	2.3	0 (0/0)	0.0
1st premolars	27 (19/8)	20.5	5 (0/5)	3.8
2nd premolars	17 (13/4)	12.9	6 (4/2)	4.5
1st molars	29 (27/2)	22.0	16 (12/4)	12.1
2nd molars	14 (14/0)	10.6	4 (4/0)	3.0
Total	101	76.5	31	23.5

3. 임상 요인에 따른 교정 치료 중 인접면 치아우식의 발생 비교

교정 치료 중 치아 우식의 발생은 연령, 구강 위생, 교정치료 기간 등의 개체요인이나 치료요인에 영향을 받는다고 보고되고 있다. 따라서 성별(Gender), 연령(Age), 초진 시 인접면 치아우식 이환여부(Proximal caries at T0)와 치료기간(Treatment duration), 장치 종류(Type of appliance)와 같은 치료 요인이 교정 치료 중 인접면 치아우식의 발생에 미치는 영향을 알아보았다.

새로운 인접면 우식의 발생률은 남자와 여자에서 각각 43.9%(25/57)와 50.0%(47/94)로 유사하였다. 연령대에 따른 인접면 우식의 발생률은 10 대 58.7%(44/75), 20 대 34.8%(8/23), 30 대 46.2% (6/13), 40 대 38.9%(7/18), 50 세 이상에서 31.8%(7/22)로 10 대에서 다소 높았지만, 전 연령대 비교 시 통계적으로 유의하진 않았다. 다만, 새로운 우식 발생군의 평균 나이는 24.2 ± 14.8 로 새로운 우식이 발생하지 않은 군보다 유의하게 낮았다($p < 0.05$).

치료 전 기존의 인접면 치아우식이 확인되었던 치료 전 우식 이환자의 경우, 치료 중 새로운 인접면 치아우식이 58.6%(51/87)에서 발생하였으며 이는 치료 전 우식에 이환되지 않은 비이환자들의 발생 비율인 32.8%(21/61)보다 유의하게 높았다 ($p < 0.05$).

장치 종류에 따른 치료 중 인접면 치아우식 발생률은 Conventional fixed appliance 군에서는 55.3%(42/76), Customized minitube appliance 군에서 34.4%(11/32), Clear aligners 군에서 44.2%(19/43) 로 나타나 Conventional fixed

appliance 군에서 다소 높았으나 통계적 유의성은 없었으며 치료기간도 인접면 치아우식 발생군과 비발생군에서 유사하였다 (table7).

Table7. Incidence of newly developed proximal caries based on the host and treatment factors

Category	N	Subjects with new NIRI+ (N=72)	Subjects with no change (N=79)	p-value
Gender				0.46
Male	57	43.9% (25/57)	56.1% (32/57)	
Female	94	50.0% (47/94)	50.0% (47/94)	
Age				0.093
10-19Y	75	58.7% (44/75)	41.3% (31/75)	
20-29Y	23	34.8% (8/23)	65.2% (15/23)	
30-39Y	13	46.2% (6/13)	53.9% (7/13)	
40-49Y	18	38.9% (7/18)	61.1% (11/18)	
50Y-	22	31.8% (7/22)	68.2% (15/22)	
Mean age		24.2±14.8	30.9±18.1	0.014*
Proximal caries at initial (T0)				0.002**
Yes	87	58.6% (51/87)	41.4% (36/87)	
No	61	32.8% (21/61)	67.2% (43/61)	
Treatment duration (M)		15.0±7.2	13.7±6.3	0.211
Type of Appliance				0.169
Conventional fixed appliance	76	55.3% (42/76)	44.7% (34/76)	
Customized minitube appliance	32	34.4% (11/32)	65.6% (21/32)	
Clear aligner	43	44.2% (19/43)	55.8% (24/43)	

* *p*-values were calculated using chi-square test.

다음으로는 치료 요인이 달라짐에 따라 발생하는 인접면 치아우식의 개수에 영향을 미치는지 확인하기 위해 발생 우식 개수에 대해서는 치료 기간에 따른 ANOVA test 및 사후 분석을, 부착 장치 종류에 대해서는 chi-square test 를 실시하였다. 인접면 치아우식 비발생군의 평균 치료기간은 13.7 개월이었으며, 발생한 군에서 인접면 우식의 개수에 따른 평균 치료기간은 1 개의 경우 13.4 개월, 2 개의 경우 14.8 개월, 3 개의 경우 17.6 개월, 4 개 이상의 경우 24.1 개월로 나타나, 발생한 인접면 우식의 개수가 증가할수록 평균 치료기간이 유의하게 증가함을 확인할 수 있었다($p < 0.05$). 부착 장치 종류에 대해서는 발생한 인접면 우식의 개수가 3 개이상인 총 17 명의 대상자 중 15 명의 대상자가 conventional fixed appliance 를 사용한 경우로 나타났으나, 통계적인 유의성은 확인되지 않았다(Table 8).

Table 8. Effect of clinical factors on number of new proximal caries formation during treatment

	Number of new proximal caries (NIRI+)					p-value
	0	1	2	3	4≤	
Treatment duration(M) (mean±SD)	13.7±6.3 ^a	13.4±5.9 ^a	14.8±6.7	17.6±8.5	24.1±8.8 ^b	0.0047*(a<b)
Type of appliance (N)						0.169
Conventional fixed appliance	34	19	8	10	5	
Customized minitube appliance	21	7	3	1	0	
Clear aligner	24	14	4	1	0	
Total subjects (N)	79	40	15	12	5	

* p -value for treatment duration was calculated using ANOVA test.

* p -value for type of appliance was calculated using chi-square test.

IV. 고찰

본 연구는 구강 스캐너를 통해 획득한 근적외선 이미지(NIRI; near-infrared imaging)를 활용하여 교정치료 환자 군의 초기 인접면 치아우식을 관찰하였다. 본 연구 결과 치료 전 1개 이상의 인접면 우식에 이환된 대상자의 비율(prevalence, T0)은 57.6%였다. 치아우식 유병률에 관한 선행 보고에 따르면 2019년 20대 이상을 대상으로 시행된 임상검사 기반의 대한민국 구강건강실태조사는 25.4%의 유병률을 보였으며(구강보건실태조사, 2019), 교익방사선영상을 활용하여 보다 정밀히 평가한 치아우식 유병률의 경우 58.4%~72%로 전반적으로 더 높게 나타났는데, 다수 연구의 대상자 연령대가 10대~20대 초반으로 특정되어 있었고 국내 연구는 존재하지 않았다(Hannah et al. 2018; Mejåre et al., 1998; J O Forsling et al. 1999). 본 연구에서의 유병률 57.6% 또한 기존의 임상검사 결과보다는 높고, bitewing 연구결과와는 유사하거나 좀 더 낮은 이환율을 보였다. 일반적으로 충치이환율은 젊은 연령(17~25세)에서 더 높다고 보고되고 있는데(Mustafa et al. 2010), 본 연구에서는 교정환자로 내원한 모든 연령대(10-74Y)의 환자를 대상으로 선정하였으며, 본 연구에서도 10대~30대의 저연령층에서는 60% 이상의 더 높은 유병률이 확인되었다. 본 연구에서 성별에 따른 유병률은 남자에서 59.7%, 여자에서 56.4%로 나타났으며 통계적 유의성은 없었다. 기존 문헌에서 성별에 따른 보고는 다소 다양한 편이나 대다수에서 유의미한 차이는 보이지 않는다고 보고되고 있다(Mustafa et al. 2010; L. Kirkevang,

2011). 본 연구에서 인접면 우식의 초기 분포 양상을 살펴보면 상악(149개, 69.3%)에서 하악(55개, 30.7%)의 2배 가까이 더 많은 충치가 분포하였으며, 상악 제 1대구치에서 가장 호발하였고, 상악 소구치와 하악 제 1대구치에서 다음으로 많은 충치가 발견되었는데 이 또한 상악에서 하악보다 많이, 구치부에서 전치부보다 더 많은 우식이 호발한다는 기준에 보고된 양상에 상응한다 (L. Kirkevang, 2011).

본 연구에 따르면 치료 중 측정된 유병률(prevalence, T1)은 67.6%로 나타나 치료 전(T0, 57.6%)과 비교하여 유의하게 증가하였다($p < 0.005$). 하지만 본 결과를 교정치료가 충치 유병률을 높이는 요인이라고 해석하는 데에는 한계가 있다. 본 연구는 교정치료 중인 환자군 내에서만 전후 비교를 시행하였고 교정치료를 시행하지 않은 환자는 대조군으로서 대상자에 포함되지 않았기 때문에 시간 흐름에 따른 우식분포의 변화 양상에 대해 두 군간의 비교분석을 시행하지 않아서다. 선행된 문헌에 따르면 교정치료 과거력이 시행환자군과 비시행군 사이의 DMFT index 차이를 유발하지 않는다고 다수 보고되었으며 (Doğramacı EJ. 2019; Choi, et al. 2020), 1979년 실제로 교정치료군과 비치료군을 둘 다 전향적으로 관찰한 연구에서도 두 군간 유의한 차이는 없었다고 한다. 또한, 본 연구에서 T1에서 이환된 대상자들은 실제로 치료 중 새로운 인접면 치아우식이 발생하지 않았더라도 기존에 존재하던 인접면 치아우식이 유지된 경우들을 포함하는 수치이므로, 본 결과만으로 교정치료가 우식 유병률을 높였다고 해석하는 데에는 한계가 있다.

이에 실제로 치료 중(T1) 1개 이상의 인접면 치아우식이 발생한 대상자 수를 확

인한 결과 총 151명 대상자 중 72명, 47.7%로 확인되었으며, 이를 치료 중 인접면 치아우식 발생률(incidence)로 표기하였다. 해당 47.7%의 대상자군에서 발생한 인접면 치아우식의 평균 개수는 1.83개였다. 교정치료 후 충치 발생에 대한 기존 연구는 브라켓 및 투명교정장치의 attachment가 부착되는 협면에서의 백색반점(white spot) 연구가 대부분이었고, 인접면 치아우식 발생 및 근적외선 광원을 활용한 관련 연구는 존재하지 않았다. 또한 백색반점에 대한 연구 조차도 sample 수, 측정대상 치아의 범위(구치부 포함/비포함), 불소 여부, 측정 방법 등 연구자 간 방법론 차이가 다양하여 치료 후 백색반점 발생률이 25%~72.9%의 매우 넓은 범위로 보고되어 본 연구결과에 참고하기에는 한계가 존재하였지만, 둘 다 초기 우식의 영역에 포함된다는 공통점이 있으며 본 연구에서 측정된 발생률 또한 해당 범주에 포함된다고 볼 수 있었다 (Joshua et al. 2010; Katie et al. 2013; Amy e richter. 2011). 기존 백색반점 연구 대부분이 T1을 교정치료가 완전히 끝난 후로 설정하여 모든 장치가 제거된 상태에서 측정을 시행한 반면, 본 연구는 치료 경과 6개월 이상인 시점에서 채득된 구강스캔 데이터를 T1으로 설정하였기 때문에 치료 중인 환자에서의 충치 양상 변화를 추적할 수 있다는 의의가 있으며, 이에 따른 평균 치료기간(14.30 ± 6.71 개월)이 기존 문헌들(22~24개월)에 비해 짧은 점은 결과를 해석하는 데에 고려되어야 한다.

본 연구에서는 교정 치료 중 새로운 인접면 치아우식의 발생에 영향을 미치는 요인으로 성별, 연령, 초진 시 인접면 치아우식 이환여부, 치료기간, 부착장치의 종류를 평가하였다. 기존의 백색반점으로 시행된 연구들을 살펴보면 공통적으로 성별은 영향을 미치지 않고, 초기 구강위생과 치료기간이 충치 발생에 높은 상관성을 보인다고 보고

되고 있었다(Amy E Richter, et al. 2011; Katie C, et al. 2013). 연령과 부착장치의 종류에 의한 영향은 연구에 따라 그 결과가 상이하였으나 대부분 젊은 연령대에서 충치발생률이 높고, conventional fixed appliance 가 clear aligner 보다 우식발생에 취약하다고 보고되었다(Omar Alkadhi, 2021; Peter H. buschang. 2019). 또한, 기존에 백색반점이 존재한 경우 보다 높은 우식발생률을 보였다고 보고되고 있었다(Katie C. Julien. 2013). 본 연구결과에 따르면 성별은 인접면 치아우식 발생에 유의한 영향을 끼치지 않았고, 초진 시 인접면 치아우식의 존재여부는 존재하는 경우 보다 유의하게 높은 발생률($p < 0.05$)을 나타내어 기존 연구와 유사한 경향을 보였다. 연령의 경우 연령대에 따른 유의한 차이는 없었지만 발생군(24.2세)과 비발생군(30.9세)의 평균 연령을 비교하였을 때에는 발생군의 평균연령이 유의하게 어렸다. 치료 기간의 경우 발생군(15.0개월)에서 비발생군(13.7개월) 보다 평균 치료기간이 더 길었지만 통계적으로 유의하지는 않았는데, 앞서 언급하였듯, 본 연구에서는 T1이 치료 중 시점이기에 평균 치료기간이 다른 문헌에 비해 짧아 결과에 영향을 주었을 수 있다. 한편, 발생한 충치의 개수에 따른 대상자 군의 평균 치료기간을 비교하였을 때는 발생한 충치의 개수가 많을수록 치료기간이 유의하게 증가하였기에($p < 0.005$), 치료기간이 길어짐에 따라 발생하는 충치의 개수가 증가할 수 있는 위험요인으로 간주할 수 있다. 부착한 장치의 종류에 대해서는 conventional fixed appliance 군 (55.3%)에서 customized minitube appliance 군(34.4%) 및 clear aligner 군(44.2%) 보다 치료 중 높은 인접면 치아우식 발생률을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 이에 따라 교정치료 중 백색반점 및 인접면우식의 발생 및 그 수에 미칠 수 있는 임상적 요인은 저연령, 초기 이환여부(초기 우식활성 관련), 치료기간 등으로 유사한 요인임이

확인되었다.

본 연구에서 치료 중 발생한 인접면 우식의 분포 양상을 살펴보면 상악(101개, 76.5%)에서 하악(31개, 23.5%)의 3배 이상 더 많은 우식이 발생하였으며, 상악 제 1대구치에서 가장 호발하였고, 상악 소구치와 하악 제 1대구치에서 다음으로 많은 충치가 발생하였는데, 이 경향은 초진 시 이환되어 있던 우식의 분포 양상과 일치하였으며, 상악 제 1대구치와 소구치, 하악 제 1 대구치가 전체 분포에서 차지하는 비중 또한 초진과(67.0%) 치료 중 발생(67.5%) 모두 전체의 2/3 가량을 차지하여 해당 부위에 대한 보다 면밀한 검사와 추적이 요함을 파악할 수 있었다.

치아우식의 임상검사 및 교익방사선영상(Bitewing)에 의한 평가는 그 보편적인 기준이 잘 확립되어 있으며, 대표적으로 미국치과의사협회(American Dental Association; ADA)의 caries classification system 및 ICCMS(International Caries Classification and Management System) 등이 쓰이고 있다(Douglas A. 2015 ; Amid I Ismail. 2015). 반면 근적외선을 이용한 치아우식 평가는 아직 도입 단계이므로 본 연구에서 근적외선 이미지를 활용하여 인접면 치아우식으로 판단하기 위한 정의를 확립하는 것이 필요하였다. 먼저 NIRI 이미지가 법랑질에 이환된 초기 우식에 대하여 민감도가 높다는 사실은 최근 다수 문헌에 의해 보고되고 있으며(Friederike et al. 2022), 실제로 Figure 5 에서 상악 좌측 제 1 대구치 근심면에서의 인접면 우식에 대해 같은 시기에 채득된 NIRI와 bitewing 촬영사진을 보면 NIRI에서 보다 뚜렷하고 병소의 크기가 확대되어 보임이 확인된다. 반면, 병소가 법랑상아질경계

(dentinoenamel junction; DEJ) 에 도달하여 상아질 내부로 침범한 경우(상악 좌측 제 1 대구치 원심면) 우식 법랑질의 색상이 상대적으로 법랑질에 비하여 밝게 나타나는 상아질과는 근적외선 이미지(NIRI) 상 구분이 까다롭기에, 본 연구에서는 인접면 우식(proximal caries; NIRI+)을 NIRI 이미지 상에서 어두운 법랑질에 대비하여 명확하게 구분되는 진한 백색 병소가 관찰되는 경우로 정의하였다.

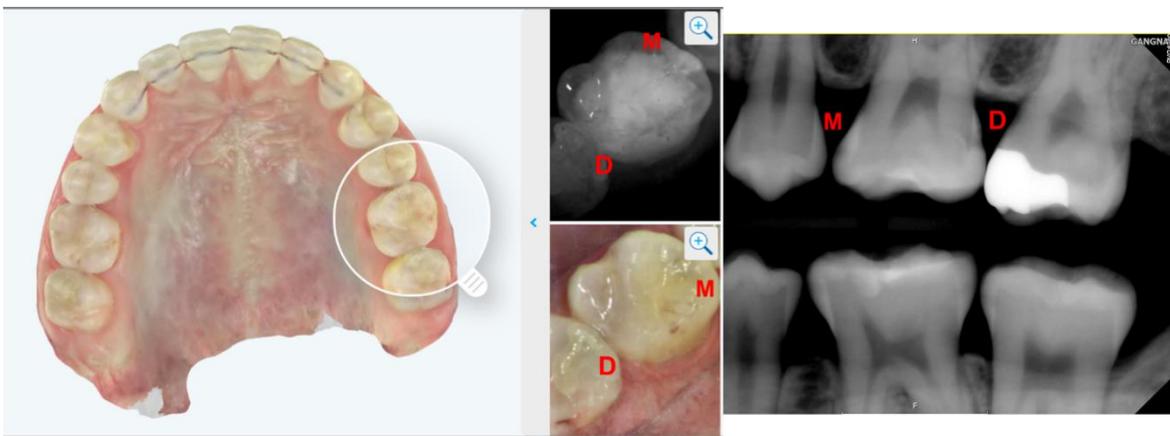


Figure 4. Intraoral scan view with NIRI & bitewing radiograph on Maxillary first molar proximal caries(Mesial)

ADA와 ICCMS에서 교익방사선영상을 활용한 인접면 치아우식 분류 시스템에서는 법랑상아질경계(dentinoenamel junction; DEJ) 를 넘어 방사선투과성이 dentin의 1/3 지점 이내에 분포하는 경우 initial stage, 그 이상에 도달한 경우 moderate stage로 정의하고 있다. 또한 해당 구분은 initial stage 에서는 경과 관찰(prevention) 및 비수복 처치(Non-operative care; NOC), moderate stage 이상부터는 우식 부위 삭제를 동반한 수복처치(Tooth preserving operative care; TOPC) 로서, 우식에 대

한 관리 및 처치 방법의 기준으로도 작용한다(Douglas A. 2015 ; Amid I Ismail. 2015). 이때, NIRI 이미지 상 건전 법랑질로부터 백색 병소로서 감지된 인접면 치아 우식은 법랑질 내에 분포하므로 initial stage에 해당하며 수복을 요하지 않는다. 다만 DEJ에 도달하고 나서 뚜렷하게 상아질 내부로 침범한 상아질 병소가 NIRI 상에서 확인된 경우 initial과 moderate 여부를 구분하는 데에는 한계가 존재한다. ICCMS에 서는 initial stage 대비 moderate stage에서 구분되는 임상적 특성으로 법랑질 파괴 (enamel breakdown)와 상아질 음영(underlying dentin shadow)이 명시되어 있는데, 따라서 NIRI 상에서 DEJ 이상 이환된 병소의 경우 세심한 임상적 특성 분석 및 bitewing radiograph 등의 추가검사를 통해 수복치료여부를 정하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 NIRI 광원이 포함된 구강 스캐너를 활용하여 검사 및 진료의 일환으로 채득된 대규모의 구강 스캔 데이터를 통해 인접면 치아우식의 유병률과 분포를 부가적인 검사나 방사선 노출없이 전 치열을 대상으로 효율적으로 파악하였으며, 다양한 개체, 치료요인과의 상관성을 평가할 수 있었다. 본 연구결과에 참고하여 교정치료를 위해 내원한 환자들을 대상으로 통상적으로 교정치료 후 절반 가량의 환자에서 새로운 인접면 치아우식이 치료 중 발생하므로 구강위생의 각별한 주의가 필요함을 사전 고지할 수 있겠으며, 특히, 교정 치료 전 초기 인접면 치아우식이 관찰되는 청소년기의 환자의 경우라면, 인접면 치아우식 발생의 고위험군으로 분류하여 보다 정기적으로 구강위생 교육과 인접면 치아우식에 대한 추적관찰을 시행하는 것이 권장되며 치료기간이 장기화되는 것에 유의하여야 한다. 또한, NIRI 광원으로 파악한 대부분의 인접면 우식은 초기단계에 해당하여 수복치료의 대상에 해당되지는 않으나 DEJ를 뚜

렷하게 넘어간 상아질 병소의 경우 보다 세밀한 임상검사 및 추가 방사선 사진 채득 등 구체적인 검사를 시행하여 치료 여부의 결정이 필요하다.

V. 결론

본 연구는 NIRI 광원이 내재된 구강 스캐너로 촬영된 치과교정과 내원 환자들의 구내 스캔 이미지를 이용하여 인접면 치아우식을 관찰하여, 인접면 치아우식의 유병률과 분포를 측정하고 교정치료 경과에 따른 변화를 분석하였으며 다양한 개체 및 치료요인에 따른 인접면 치아우식 발생의 차이를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 총 대상자 151명 중 초진(T0)에서 1개 이상의 인접면 우식이 관찰된 대상자는 87명으로 인접면 우식 유병률은 약 57.6% (87/151)였다.
2. 초진 시(T0) 인접면 우식은 상악과 하악에서 각각 149개(69.3%), 66개(30.7%) 관찰되어 상악에서 하악의 2배 이상 많았으며, 상악 제 1대구치(53개, 24.7%), 상악 제 2 소구치(33개, 15.3%), 하악 제 1대구치(30개, 14.0%), 상악 제 1 소구치(28개, 13.0%) 순으로 분포하였다.
3. 총 대상자 151명의 치료 중(T1) 측정된 인접면 우식 유병률은 67.6% (102/151)로 초진(T0, 57.6%) 대비 유의하게 높았으며($p < 0.005$), 그 중 치료 중 1개 이상의 새로운 인접면 우식이 발견된 대상자는 72명으

로, 치료 중 인접면 우식의 발생률은 47.7% (72/151) 였다.

4. 치료 중(T1) 발생한 인접면 우식은 상악과 하악에서 각각 101개 (76.5%), 31개(23.5%)로 상악에서 하악보다 3배 이상 많았으며, 상악 제 1 대구치(29개, 22.0%), 상악 제 1 소구치(27개, 20.5%), 상악 제 2 소구치(17개, 12.9%), 하악 제 1 대구치 (16개, 12.1%) 순으로 인접면 우식이 많이 발생하였다.
5. 교정치료 중 새로운 인접면 우식 발생률은 초진 시(T0) 인접면 우식이 존재한 경우와 존재하지 않은 경우 각각 58.6%(51/87)와 32.8%(21/64)로, 초진 시 인접면 우식이 존재한 경우 치료 중 추가적인 인접면 우식이 관찰될 가능성이 유의하게 높았다 ($p<0.05$).
6. 치료 중 새로운 인접면 우식이 발생한 대상군의 평균연령은 약 24.2세로, 비발생군(약 30.9세)에 비해 평균 연령이 유의하게 낮았다. ($p<0.05$).
7. 교정치료 중 발생한 인접면 우식의 개수와 치료기간은 유의한 연관성이 확인되었다. ($p<0.05$)

참고문헌

- Adam Hoxie, Abhinaya Perumbedu, et al(2024) Near-infrared imaging in orthodontic intraloral scanners for early interproximal caries detection. *Am J Orthod dentofac Orthop* 2024.
- Amid I Ismail, Nigel B Pitts, et al(2015). The International Caries Classification and Management System (ICCMS™) An Example of a Caries Management Pathway. *BMC Oral Health*. 2015: S9
- Amy E. Richter, Airton O. Arrudae, et al(2011). Incidence of caries lesions among patients treated with comprehensive orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;165:657-64
- B.Ogarrd, G. rolla, J. Arends (1988).Orthodontic appliances and enamel demineralization. *Am J Orthod dentofac Orthop* 1988;94:68-73.
- Debra F. Fink (1992).The duration of orthodontic treatment. *Am J Orthod dentofac Orthop* 1992;102:45-51.
- Douglas A. Young, Brian B. novy, et al(2015). The American Dental Association Caries Classification System for Clinical Practice. *The Journal of the American Association*. Vol 146.2:79-86
- Elnagar MH, Aronovich S, Kusnoto B (2020). Digital workflow for combined orthodontics and orthognathic surgery. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics* 32(1): 1-14.
- Falk Schwendicke, et al.(2015). Radiographic caries detection: A systematic review and meta-analysis. *Journal of dentistry* 43(2015):924-933
- Frllederlke Litzenburger · Katrin Heck et al(2022). Diagnostic validity of early proximal caries detection using near-infrared imaging technology on 3D range data of posterior teeth. *Clinical Oral Investigation*(2022) 26: 543-553
- H. Badawi, R.D. Evans, et al.(2003). The effect of orthodontic bonding materials on dental plaque accumulation and composition in vitro. *Biomaterials* 24(2003):3345-3350
- Hannah Ingamells, Katie Golenia, et al(2018). Prevalence of proximal caries in adults and children at Bristol Dental Hospital and South Bristol Community Hospital. *Faculty Dental Journal*, 9(1), 24-29
- J Artun, B O Brobakken(1986). Prevalence of carious white spots after orthodontic treatment with multibonded appliances. *Eur J Orthod*. 1986 Nov;8(4):229-34
- J O Forsling et al(1999). Proximal caries prevalence in 19-year-olds living in Sweden.-A radiographic study in four counties. *Swedish Dental Journal* 23(2-3):59-70
- Joshua A. Chapman, W. Eugene Roberts, et al(2010). Risk factors for incidence and severity of white spot lesions during treatment with fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:188-94
- Jingwei Cao, Yuwen Fang, et al(2023) Clinical validation of near-infrared imaging for early detection of proximalcaries in primary molars. *Journal of Dentistry* 138: 104658
- Katie C. Julien, Peter H. Buschang. et al(2013). Prevalence of white spot lesion formation during orthodontic treatment. *Angle Orthod* 2013;83:641-647
- Keith Angelino, David A. Edlund, Pratik Shah(2017). Near-Infrared Imaging for Detecting Caries and Structural Deformities in Teeth. *IFEE J Transl Eng Health Med*. 2017 Vol 5.
- Keul C, Güth J-F (2020). Accuracy of full-arch digital impressions: an in vitro and in vivo

- comparison. *Clinical oral investigations* 24(2): 735-745.
- Kirsty J. Skidmore, Karen J. Brook, et al. (2006). Factors influencing treatment time in orthodontic patients. *Am J Orthod dentofac Orthop* 2006;129:230-8.
- Kristina Peros, Senka Mestrovic, et al.(2011) tchell, L. (1992). Salivary microbial and nonmicrobial parameters in children with fixed orthodontic appliances. *Angle Orthod.* 2011;81:901-906
- Kyle Cuenin, James Chen, et al.(2024) Caries detection and characterization in pediatric patients using iTero 5D near-infrared technology. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2024;165:54-63
- L.-L. Kirkevang, M. Vaeth, et al(2011). Incidence of Caries Lesions in Approximal Surfaces: A Radiographic Study of a General Adult Danish population. *Caries Res* 2011;45: 538-546
- Lecocq G (2016). Digital impression-taking: Fundamentals and benefits in orthodontics. *International Orthodontics* 14(2): 184-194.
- Mejàre, C. Källestål, et al(1998). Caries Development from 11 to 22 Years of Age: A Prospective Radiographic Study-prevalence and distribution, *Caries Res* 1998;32:10–16
- Michou S, Vannahme C, Ekstrand KR, Benetti AR (2020). Detecting early erosive tooth wear using an intraoral scanner system. *Journal of Dentistry* 100: 103445.
- Michou S, Vannahme C, Bakhshandeh A, Ekstrand KR, Benetti AR (2022). Intraoral scanner featuring transillumination for proximal caries detection. An in vitro validation study on permanent posterior teeth. *Journal of Dentistry* 116: 103841.
- Mitchell, L. (1992). Decalcification during orthodontic treatment with fixed appliances--an overview. *British Journal of orthodontics* 1992 Aug;19(3):199-205
- Mustafa Demirci, Safa Tuncer, et al.(2010). Prevalence of Caries on Individual Tooth Surfaces and its Distribution by Age and Gender in University Clinic Patients. *Eur J Dent* 2010;4:270-279
- Omar Alkadhi, Abrar Alqadhibi, et al(2021). Frequency of white spot lesion with clear aligner: a systematic review. *International Journal of Medicine in Developing Countries* 2021;5(7):1443-1448
- Peter H. Buschang, David Chastain, et al(2019). Incidence of white spot lesions among patients treated with clear aligners. *Angle Orthod* 2019;89:359-364
- Priyanka Keshav B dentistry-iTero Element 5D.
- Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. (2017). Intraoral scanner technologies: a review to make a successful impression. *Journal of Healthcare Engineering* 2017.
- Sepideh Arab, Sepideh Nouhzadeh Malekshah, el al. (2016). Effect of Fixed Orthodontic Treatment on Salivary Flow, pH and Microbial Count. *Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (2016; Vol. 13, No. 1)*
- Zvi Metzger, Dana G. Colson, et al(2022) Reflected near-infrared light versus bite-wing radiography for the detectionof proximal caries: A multicenter prospective clinical study conducted in private practices. . *Journal of Dentistry* 116: 103861

ABSTRACT

Changes of early interproximal caries
during orthodontic treatment detected
by intraoral scans with near–infrared
imaging (NIRI)

Byoungsoo Cho

Department of Dentistry

Graduate School of Yonsei University

(Directed by Prof. Chooryung J. Chung, D.D.S., M.S.D., Ph. D.)

General comprehensive orthodontic treatment involves the attachment of various fixed appliances and the use of wires to achieve tooth alignment and movement. It is reported that this increases dental plaque accumulation and causes changes in the oral environment, thereby increasing the risk of caries development.

Proximal caries detected during orthodontic treatment are very difficult to manage and treat due to the long-term duration of orthodontic treatment and the difficulty in accessing proximal surface due to wires, so it is necessary to identify the presence of caries in advance and regularly track it before and during treatment. However, proximal caries is not easy to detected by clinical observation, and even bitewing radiograph, known as the golden standard for examination, cannot avoid concerns about radiation exposure through regular imaging of the entire dentition. Also, there are limitations because the sensitivity of detecting early enamel caries is relatively low and a decrease in accuracy due to attached radiopaque orthodontic appliances has been reported.

Intraoral scanners have become a daily routine for orthodontic clinics. Light sources such as near-infrared (NIR) has been installed additionally into the scanners, converting the difference in transmittance of near-infrared lights for sound enamel, dentin, and caries lesion into image brightness, which can be used to detect defects that are distinguishable from sound enamel such as interproximal caries, tooth crack, and etc. Recently, proximal caries detection using near-infrared imaging (NIR) has been reported to have high sensitivity and accuracy for detection of early enamel caries. And near-infrared imaging is performed simultaneously during the oral scan process performed during the diagnosis and treatment of orthodontic patients without additional examinations, costs, or

radiation exposure. The aim of the study was to quantify the prevalence and distribution of proximal caries in orthodontic patients by applying serial full mouth intra-oral scans with NIRI and to determine the changes associated with several host and treatment factors.

151 Active orthodontic patients with serial full mouth intraoral scans with NIRI at initial(T0) and at least 6-month into treatment (T1, 6-33 months) were collected.. Interproximal sites of fully erupted/unrestored teeth in entire dentition were monitored and NIRI Positive (NIRI+) whitish interproximal lesion which reached/surpassed the dentinoenamel junction(DEJ) was defined as proximal caries lesions(NIRI+). Prevalence, distribution pattern, amount and clinical factors (age, sex, type of orthodontic appliance, presence of T0 caries, treatment duration) associated with development of proximal caries during treatment were evaluated.

The results were as follows.

1. The prevalence of proximal caries(NIRI+) before treatment(T0) was 57.6% (87 out of 151 subjects)
2. Proximal caries was more prevalent in the maxilla(149, 69.3%) than the mandible(66, 30.7%). Proximal caries was frequent in order of Maxillary 1st molar > Maxillary 2nd premolar > Mandibular 1st molar > Maxillary 1st

premolar.

3. The prevalence of proximal caries significantly increased during active treatment (T0, 57.6% ; T1, 67.6%, $p < 0.005$). 47.7% of the subjects indicated one or more new proximal caries lesion during active treatment at T1.
4. New proximal caries were more likely to developed in the maxilla (101, 76.5%) than mandible (31, 23.5%). New proximal caries were frequently detected in the order of Maxillary 1st molar > Maxillary 1st & 2nd premolar > Mandibular 1st molar.
5. Ones with proximal caries before treatment (T0) indicated significantly higher incidence of new caries development during treatment (T1, 58.6%) than ones without proximal caries at T0 (32.8%) ($p < 0.05$).
6. Mean age of group with new proximal caries at T1 (24.2y) was significantly lower than group with no change (30.9y) ($p < 0.05$).
7. The number of new proximal caries during orthodontic treatment was significantly increased during active orthodontic treatment.

Key words: Proximal caries, Intraoral scanner, Near-infrared, Prevalence, Incidence, Distribution, Gender, Age, Presence of proximal caries at T0, Type of appliances, Treatment duration