



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](#)

Q-ray view를 이용한
유구치의 인접면 우식증 탐지



연세대학교 대학원

치 의 학 과

정 연 욱

Q-ray view를 이용한
유구치의 인접면 우식증 탐지

지도교수 김 성 오

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2015년 6월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

정 연 욱

정연욱의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 김성근 인

심사위원 최정준 인

심사위원 김백인 인



연세대학교 대학원

2015년 6월 일

감사의 글

싱그러운 여름이 다가오고 있는 6월, 논문을 마무리하는 이 시점에서 그동안의 시간을 되돌아보니 감사드려야 할 분들이 많이 떠오릅니다. 제가 석사 논문을 완성하는데 많은 관심 가져주시고 지도해주신 김성오 교수님, 항상 존경하고 사랑합니다. 그리고 처음 석사 논문 주제를 설정하고 연구를 진행하는 데 많은 도움을 주시고, 학회 발표와 논문 작성하는 것까지 꼼꼼하게 지도해주신 이효설 선생님 감사드립니다.

소아치과의 여러 교수님께도 글로 표현하기에는 부족하지만, 감사의 말씀을 전하고 싶습니다. 항상 소아치과의 든든한 정신적 지주가 되어 주시는 손흥규 교수님, 과외 세미나를 통해 많이 알려주신 최병재 교수님, 함께 한 추억이 많고 논문 심사 때도 많은 조언해주신 최형준 교수님, 어려운 일이 있을 때마다 지나치지 않고 마음 많이 써 주신 이제호 교수님, 지금은 미국에 계시지만 1, 2년차 때 여러 세미나를 통해 많이 가르쳐 주신 송제선 교수님, 항상 열정적으로 진료하시는 모습을 보여주시는 김승혜 교수님, 그리고 언제나 긍정적이고 에너지가 넘치는 정민 언니께 감사를 전합니다.

연구 시작 전 큐레이에 대해 많이 알려주시고, 논문 심사 때도 많은 조언해주신 예방치과학교실의 김백일 교수님께도 감사하다고 말씀드리고 싶습니다.

그리고 3년 동안 서로 많은 것을 나누며 힘이 되어 준 동기 수현이, 혜원이, 기훈이에게도 정말 고맙고 사랑한다고 말하고 싶습니다. 또 함께 생활하면서 의국 생활의 활력소가 되어 준 영섭이, 마음속 얘기까지 하고 싶게 만드는 민경 언니, 무슨 일이든 멋있고 예쁘게 잘해내는 신민경 선생님, 힘들 때도 유머를 잃지 않고 든직한 모습을 보여주는 명연 오빠, 의국에서 가장 크지만 귀여운 진명이, 밝은 에너지가 넘치는 고은 언니, 부지런하고 늘씬한 예지, 향우회에서 보다가 같이 의국 생활 하게 돼서 좋았던 효주 언니 모두 감사합니다.

마지막으로 제가 어떤 일을 하든지 저를 전적으로 믿어 주시고 언제나 변함없는 사랑을 보내 주시는 부모님, 그리고 곁에서 저를 챙겨주고 항상 좋은 친구가 되어 주는 동생에게 정말 많이 사랑한다고 전하고 싶습니다.

저자 씀

차 례

그림 차례	ii
표 차례	iii
국문요약.....	iv
I. 서 론.....	1
II. 연구 대상 및 방법.....	5
1. 연구 대상	5
2. 연구 방법	5
3. 통계 분석	9
III. 결 과.....	11
IV. 고 찰	19
V. 결 론	25
참고문헌.....	26
영문요약.....	32

그림 차례

- Figure 1. Q-ray view is composed of goggle and device which emits visible blue light. 4
- Figure 2. Semilunar shaped red fluorescence is observed at the distal surface of mandibular right first primary molar which indicates progression of proximal caries into the dentin. 4
- Figure 3. Design of the clinical study. 6

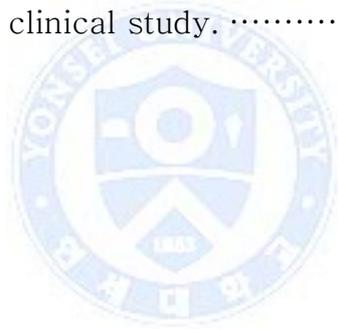


표 차례

Table 1. Distribution of caries lesions involved in the study·····	11
Table 2. Distribution of scores examined by visual examination, Q-ray view, DIAGNOdent and digital periapical radiography in comparison with the degree of caries progression observed during the treatment·····	12
Table 3. Distribution of treatment according to the degree of caries progression·····	13
Table 4. Distribution of treatment·····	14
Table 5. Validity of each examination methods for detection of proximal caries confined to enamel·····	15
Table 6. Validity of each examination methods for detection of proximal caries extended into dentin·····	15
Table 7. Spearman's rank correlation coefficient between examination methods and degree of caries progression···	16
Table 8. Kappa values for detection of proximal caries confined to enamel·····	18
Table 9. Kappa values for detection of proximal caries extended into dentin·····	18

국문 요약

Q-ray view를 이용한 유구치의 인접면 우식증 탐지

<지도교수 김 성 오>

연세대학교 대학원 치의학과

정 연 옥



본 연구는 Q-ray view (All in one Bio, Seoul, Korea)가 변연용선이 파괴되지 않은 유구치의 인접면 우식증을 적절히 탐지해 낼 수 있는지 알아보려고 하였다.

두 명의 소아치과 의사가 만 3-9세 사이의 어린이 32명(평균연령 5.6 ± 1.3 세)의 유구치 인접면 100개를 시진, Q-ray view, DIAGNOdent (KaVo, Biberach, Germany), 디지털 치근단 방사선사진 촬영으로 평가하였다.

각 검사법과 실제 치료 시 관찰된 인접면 우식증의 진행 정도 사이의 상관계수는 디지털 치근단 방사선사진 촬영(0.80), Q-ray view(0.74),

DIAGNOdent(0.59), 시진(0.36) 순으로 높았다($p < 0.01$). 각 검사법과 실제 치료 시 관찰된 인접면 우식증의 진행 정도 사이의 일치도(kappa 값)를 평가하였을 때 법랑질 우식증에 대한 kappa 값은 디지털 치근단 방사선사진 촬영(0.68), DIAGNOdent(0.25), 시진(0.15), Q-ray view(0.10) 순으로 높았으며, 상아질 우식증에 대한 kappa 값은 디지털 치근단 방사선사진 촬영(0.70), Q-ray view(0.56), DIAGNOdent(0.44), 시진(0.34) 순으로 높았다($p < 0.001$).

Q-ray view는 협조 능력이 부족한 어린이나 장애인을 검진할 때, 상아질까지 진행된 유구치의 인접면 우식증을 탐지하는 데 도움을 줄 수 있는 유용하고 간편한 보조장비가 될 수 있을 것으로 기대된다.



핵심되는 말: Q-ray view, Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF),
형광, 인접면 우식증, 유구치, 변연융선

Q-ray view를 이용한 유구치의 인접면 우식증 탐지

<지도교수 김 성 오>

연세대학교 대학원 치의학과

정 연 옥



유구치의 인접면 우식증 진행 속도는 매우 빠르다. 유구치는 인접면의 접촉 면적이 넓어 치태의 축적이 쉽고 영구치에 비해 광화가 덜 되어 있으며 법랑 질과 상아질의 두께가 얇기 때문이다(Wilson and Beynon, 1989; Mo et al., 2004). 하지만 인접면 우식증은 병소가 노출되어 있는 평활면 우식증이나 교합면 우식증과는 달리 탐침이나 육안으로 탐지하기 어려워 조기진단이 어렵고 병소가 상당히 진행된 후에야 발견되는 경우가 많다(Seol et al., 2004). 유

구치의 변연융선이 아직 파괴되지 않았거나 인접면 우식증의 진행으로 인해 치질의 색이 변하지 않은 경우, 숙련된 소아치과의사라 하더라도 시진만으로는 인접면 우식증의 진행 정도를 정확하게 확인하는 것이 어렵다(Mejare et al., 1985). 시진은 인접면 우식증의 탐지에 있어 비교적 높은 특이도를 나타내는데 비해 민감도는 낮게 나타난다(Kim and Kang, 2000; White et al., 1994).

이와 같은 이유로 미국소아치과학회(American Academy of Pediatric Dentistry)는 우식 활성도가 높은 환아의 경우 육안으로 인접면 우식증이 확인되지 않더라도 6개월에서 12개월 간격으로 교익 방사선사진을 촬영할 것을 권고하고 있다(American Academy of Pediatric Dentistry, 2012). 또한, 시진과 탐침만을 이용하는 것보다 교익 방사선사진을 촬영했을 때 유구치의 인접면 우식증을 2배 이상 더 잘 탐지할 수 있다는 이전의 연구 결과도 존재한다(Newman et al., 2009). 그러나 치경부소환, 발달소와 등이 존재하는 경우 부적절한 판독을 할 가능성이 있고, 방사선사진 촬영 시 수직각이 부적절하거나 주사선이 유구치의 인접면에 평행으로 조사되지 않을 경우 유구치의 인접면이 겹쳐 보이게 되어 인접면 우식증을 정확히 탐지하기가 어렵다(White and Pharoah, 2013). 또한, 일반적으로 만 4세 미만의 어린이들에서 구강의 크기가 작고 행동조절이 어려울 경우 인접면 우식증의 탐지에 적절한 방사선사진을 주기적으로 촬영하는 데 한계가 따른다.

인접면 우식증을 탐지하는 데 도움을 줄 수 있는 간편하고 신뢰성 있는 장비 개발의 필요성이 대두되고 있는 가운데, 2012년도에 국내에서 Q-ray view (All in one Bio, Seoul, Korea)가 개발되었다(Fig. 1). 이 장비는 Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF)의 원리를 이용하며 술자가 특수필터가 내장된 고글을 착용하고 치아에 405 nm 파장의 푸른색 가시광선을 조사할 경우, 세균의 대사 산물인 porphyrin이 존재하는 우식 부위, 오래된 치태 또는 치석이 존재하는 곳에서 붉은색 형광을 관찰할 수 있다(Fig. 2)(König et al., 1998; van der Veen et al., 2006; Hope et al., 2011).

Q-ray view는 실제 임상에서 치아우식증을 확인하는 목적으로 사용되고 있으나 현재까지 Q-ray view를 이용한 유구치 인접면의 우식증 탐지에 대한 연구는 이루어지지 않은 실정이다.

따라서 본 연구는 Q-ray view가 변연용선이 파괴되지 않은 유구치의 인접면 우식증을 적절히 탐지할 수 있는지를 평가하여 소아치과 영역에서 Q-ray view 사용의 적합성 및 활용 여부를 규명하고자 하였다.



Fig. 1. Q-ray view is composed of goggle and device which emits visible blue light.



Fig. 2. Semilunar shaped red fluorescence is observed at the distal surface of mandibular right first primary molar which indicates progression of proximal caries into the dentin. The image was captured with macro lens, SURPASS-i (YuSangtech, Bucheon, South Korea) mounted to the iPhone (Apple, Cupertino, USA).

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 연세대학교 치과대학 기관윤리위원회로부터 승인(2-2014-0002)을 받고 2014년 3월부터 11월까지 시행되었으며 연세대학교 치과병원 소아치과에 검진을 주소로 내원한 만 3-9세 사이의 어린이 32명을 대상으로 하였다. 두 명의 연구자가 인접면에 수복치료가 되어 있지 않고 인접면 우식증의 진행으로 인해 변연용선이 파괴되지 않은 유구치 총 100개를 선정하여 검사하였다.



2. 연구 방법

1) 임상연구 전 검사자들의 사전 훈련

본 연구는 두 명의 소아치과의사가 독립적으로 검사를 시행하였으며 임상연구 전 검사자들은 시진, Q-ray view, DIAGNOdent (KaVo, Biberach, Germany), 디지털 치근단 방사선 사진의 판독 기준에 대해 충분한 사전 토의 및 훈련을 시행하였다. Q-ray view의 경우 이미지의 촬영과 저장이 불가능하므로 Q-ray view와 같은 원리를 이용하지만 사진 촬영 및 저장이 가능한 Quantitative Light-induced Fluorescence-Digital (이하 QLF-D로 축약) (Inspektor Research System BV, Amsterdam, The Netherlands)로 촬영한 사진 30장을 제

3자가 준비하여 임상연구를 시행하는 두 명의 검사자를 대상으로 사전 훈련을 시행하였다. 두 검사자의 훈련 전 급내상관계수(intraclass correlation coefficient) 값은 0.92이었고, 훈련 후 0.98의 급내상관계수 값을 획득한 뒤 임상연구를 시작하였다.

2) 각 검사법을 이용한 유구치 인접면 우식증의 평가 및 실제 치료 시 관찰된 유구치 인접면 우식증 진행 정도와의 비교

시진, Q-ray view, DIAGNOdent, 디지털 치근단 방사선사진 촬영의 총 4가지 검사법으로 유구치 인접면을 평가한 뒤 실제 치료 시 관찰된 유구치 인접면 우식증의 진행 정도와 비교하였다(Fig3).

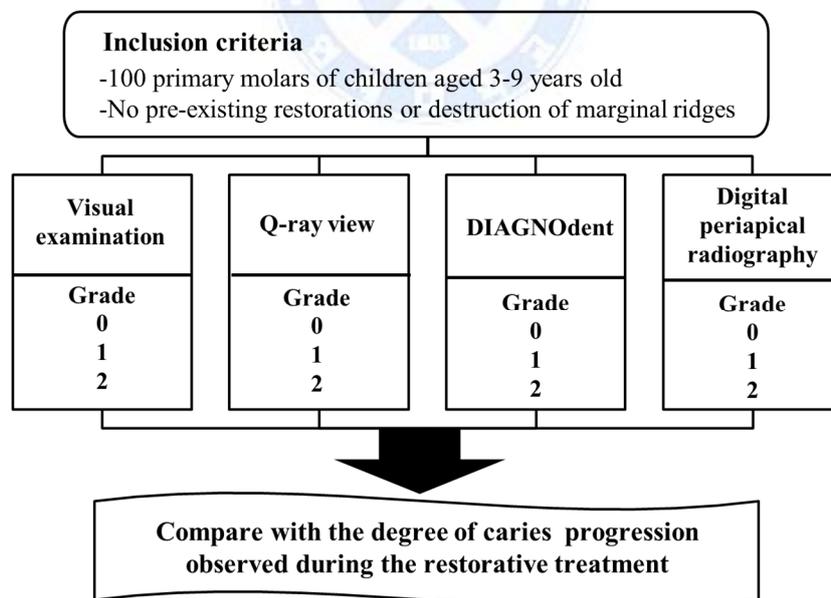


Fig. 3. Design of the clinical study.

① 시진을 통한 구치부 인접면 우식증의 검사 및 판정

압축공기로 구치부 인접면을 건조시킨 후 치경과 육안을 이용하여 임상검사를 시행하였으며 인접면 우식증의 진행 정도를 다음과 같은 기준에 따라 평가하였다.

Grade 0 = 인접면 우식증이 관찰되지 않는 경우

Grade 1 = 인접면 우식증이 관찰되지 않지만 인접면에서 탈회 병소, 음식물 삽입 또는 치태 침착 등이 관찰되는 경우

Grade 2 = 인접면 치질의 색이 변하였거나 변연용선의 하방으로 검은색의 그림자가 비쳐 보이는 경우

② Q-ray view를 이용한 구치부 인접면 우식증의 검사 및 판정

Q-ray view를 이용한 검사 시 유구치의 인접면에서 붉은색 형광이 관찰되는 경우, 치태에 의한 영향을 배제하기 위하여 치실 또는 치면세마를 통해 치태를 제거한 후 다시 Q-ray view를 이용한 검사를 재시행하였다. Q-ray view로 관찰되는 형광을 다음과 같은 기준에 따라 평가하였다.

Grade 0 = 형광이 관찰되지 않는 경우

Grade 1 = 인접면에서 선형의 옅은 분홍색 형광이 관찰되는 경우

Grade 2 = 인접면에서 반원 형태의 뚜렷한 붉은색 형광이 관찰되는 경우

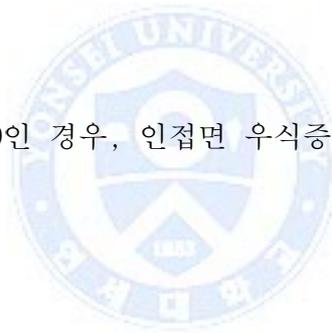
③ DIAGNOdent를 이용한 구치부 인접면 우식증의 검사 및 판정(기준 수치는 제조사에 의함)

압축공기로 치면을 건조한 후 유구치 인접면의 협측, 설측 그리고 변연융선에서 DIAGNOdent 수치를 측정하여 가장 높은 수치를 기록하고 다음과 같은 기준에 따라 평가하였다.

Grade 0 = 수치가 0-14인 경우, 인접면 우식증이 없는 것으로 판단됨

Grade 1 = 수치가 15-20인 경우, 인접면 우식증이 범랑질까지 진행된 것으로 판단됨

Grade 2 = 수치가 21-99인 경우, 인접면 우식증이 상아질까지 진행된 것으로 판단됨



④ 디지털 치근단 방사선사진 촬영을 통한 인접면 우식증의 검사 및 판정

시진으로 인접면 우식증이 의심되는 경우 또는 시진으로 인접면 우식증이 관찰되지 않더라도 Q-ray view, DIAGNOdent로 검사하였을 때 인접면 우식증의 존재가 의심되는 경우, 우식의 진행 정도를 확인하기 위해 디지털 치근단 방사선사진을 촬영하였다. 방사선사진에서 관찰되는 인접면 우식증의 진행 정도를 다음과 같은 기준에 따라 평가하였다.

Grade 0 = 인접면 우식증이 관찰되지 않는 경우

Grade 1 = 인접면 우식증이 법랑질까지 진행된 것으로 판단되는 경우

Grade 2 = 인접면 우식증이 상아질까지 진행된 것으로 판단되는 경우

⑤ 실제 치료 시 관찰된 인접면 우식증의 진행 정도

인접면 우식증으로 인해 수복치료가 필요한 경우 와동형성 과정 중 관찰된 인접면 우식증의 진행 정도를 직접 치경으로 관찰하여 기록하였다.

Grade 0 = 인접면 우식증이 관찰되지 않는 경우

Grade 1 = 인접면 우식증이 법랑질까지 진행되어 법랑질의 탈회 또는 법랑질의 결손이 관찰되는 경우

Grade 2 = 인접면 우식증이 상아질까지 진행된 경우

3. 통계 분석

각 검사법의 법랑질과 상아질까지 진행된 인접면 우식증의 탐지에 대한 민감도와 특이도를 구하였다. 또한, 각 검사법과 실제 치료 시 관찰된 인접면 우식증의 진행 정도 사이의 상관관계를 평가하기 위하여 스피어만 순위상관계

수를 구하였으며, 각 검사법과 인접면 우식증의 진행 정도 사이의 일치도를 평가하기 위하여 kappa 값을 구하였다. 통계 분석을 위해서 IBM SPSS Statistics version 19 (IBM, Armonk, NY, USA)을 이용하였다.



III. 결과

1. 연구 대상의 개인적 특성

총 32명의 어린이의 유구치 100개를 대상으로 하여 연구를 진행하였다. 연구에 참여한 어린이 중 남자는 19명(59.4%), 여자는 13명(40.6%)이었으며, 어린이들의 연령은 만 3세 3개월부터 9세 2개월까지로 평균 5.6 ± 1.3 세였다.

2. 우식 병소의 분포

본 연구에 포함된 인접면 우식증 병소의 분포는 다음과 같다(Table 1). 인접면 우식증의 진행 정도는 실제 수복치료 과정 중에 확인하였다.

Table 1. Distribution of caries lesions involved in the study

Classification of proximal surfaces	Number	Percentage
Proximal surfaces without caries	16	16%
Proximal surfaces with enamel caries	29	29%
Proximal surfaces with dentinal caries	55	55%
Total	100	100%

3. 각 검사 성적의 분포

시진, Q-ray view, DIAGNOdent, 디지털 치근단 방사선사진 촬영을 통한 인접면 우식증의 검사 성적 분포에서 시진은 0,1점에 많은 분포를 나타내었고, Q-ray view는 DIAGNOdent보다 1점에서 더 많은 분포를 나타내었으며 디지털 치근단 방사선사진 촬영의 경우 2점에서 많은 분포를 나타내었다(Table 2).

Table 2. Distribution of scores examined by visual examination, Q-ray view, DIAGNOdent and digital periapical radiography in comparison with the degree of caries progression observed during the treatment

Degree of caries progression	Visual examination			Q-ray view			DIAGNOdent			Digital periapical radiography		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
0	12	4	0	14	2	0	15	1	0	16	0	0
1	17	12	0	21	8	0	22	5	2	9	18	2
2	22	13	20	5	18	32	14	13	28	2	11	42
Total	51	29	20	40	28	32	51	19	30	27	29	44

4. 실제 치료 내용

실제 관찰된 인접면 우식증의 진행 정도에 따른 치료의 분포는 다음과 같다(Table 3). 본 연구에서는 방사선사진에서 인접면 우식증이 상아질까지 진

행된 것으로 확인되는 경우 또는 법랑질 안쪽 절반까지 진행된 것으로 확인되는 경우에 수복치료를 시행하였다. 방사선사진에서 인접면 우식증이 관찰되지 않거나 법랑질까지 진행된 것으로 관찰되더라도 Q-ray view로 관찰했을 때 반원 형태의 뚜렷한 붉은색 형광이 관찰되는 13사례에서 수복치료를 시행하였으며, 실제 치료 과정에서 인접면 우식증이 상아질까지 진행된 것으로 확인하였다. 또한, 인접한 두 유구치에서 한 유구치의 수복치료를 위해 와동을 형성하고 접촉면을 열었을 때, 인접한 다른 유구치의 인접면에서 백색 또는 갈색 반점이 관찰된 24사례에서는 치면세마 또는 불소도포와 같은 예방적치료를 시행하였고, 법랑질의 결손이 관찰되는 5사례에서는 수복치료를 시행하였다. 인접면 우식증이 관찰되지 않은 16사례에서도 인접면 우식증의 발생 위험성이 높은 것으로 판단하여 불소도포를 시행하였다.

Table 3. Distribution of treatment according to the degree of caries progression

Degree of caries progression	Treatment	Number
No proximal caries observed	Preventive treatment	16
	Restorative treatment	0
	Pulp treatment	0
Enamel caries observed	Preventive treatment	24
	Restorative treatment	5
	Pulp treatment	0
Dentinal caries observed	Preventive treatment	0
	Restorative treatment	54
	Pulp treatment	1
Total		100

전체 100개의 유구치를 대상으로 한 치료 중 치면세마 또는 불소도포와 같은 예방적치료가 40%를 차지하였고 아말감, 레진, 글래스아이오노머 수복이 56%를 차지하였다. 우식이 깊어 calcium silicate 성분의 Theracal LC (BISCO Inc, Schamburg, IL, USA)을 이용하여 간접치수복조술을 시행한 이후 레진 또는 글래스아이오노머 수복을 시행한 경우가 3사례 있었으며, 치수절단술 이후 기성금속관 수복을 시행한 경우가 1사례 있었다(Table 4).

Table 4. Distribution of treatment

Treatment	Number
Preventive treatment (prophylaxis and/or topical fluoride application)	40
Amalgam/ Resin/ Glass ionomer filling	56
Resin/ Glass ionomer filling after indirect pulp capping with Theracal LC	3
SS crown restoration after pulpotomy	1
Total	100

5. 각 검사 방법의 민감도와 특이도

범랑질까지 진행된 인접면 우식증에 대한 민감도와 특이도는 Table 5에 나타나 있으며, 상아질까지 진행된 인접면 우식증에 대한 민감도와 특이도는

Table 6에 나타나 있다. Q-ray view는 법랑질 우식증의 탐지에는 시진보다도 낮은 민감도와 특이도의 합을 나타내었으나, 상아질 우식증의 탐지에는 시진, DIAGNOdent보다 높은 민감도와 특이도의 합을 나타내었다.

Table 5. Validity of each examination methods for detection of proximal caries confined to enamel

	Visual examination	Q-ray view	DIAGNOdent	Digital periapical radiography
Sensitivity	0.41	0.28	0.17	0.62
Specificity	0.77	0.72	0.80	0.85
Sum	1.18	1.0	0.97	1.47

Table 6. Validity of each examination methods for detection of proximal caries extended into dentin

	Visual examination	Q-ray view	DIAGNOdent	Digital periapical radiography
Sensitivity	0.36	0.58	0.51	0.96
Specificity	1.0	1.0	0.96	0.96
Sum	1.36	1.58	1.47	1.92

6. 각 검사법과 실제 치료 시 관찰된 인접면 우식증의 진행 정도 간의 상관관계 분석

시진, Q-ray view, DIAGNOdent, 디지털 치근단 방사선사진 촬영과 실제 치료 시 관찰된 인접면 우식증의 진행 정도 간의 상관계수는 각각 0.36, 0.74, 0.59, 0.80이었다($p < 0.01$) (Table 7). 디지털 치근단 방사선사진 촬영과 Q-ray view가 실제 우식의 진행 정도와 강한 양의 상관관계를 나타내었고, DIAGNOdent는 비교적 강한 양의 상관관계를 나타내었으며, 시진은 보통의 양의 상관관계를 나타내었다.

Table 7. Spearman's rank correlation coefficient between examination methods and degree of caries progression

Examination method	Spearman's rank correlation coefficient
Visual examination	0.36**
Q-ray view	0.74**
DIAGNOdent	0.59**
Digital periapical radiography	0.80**

** : $p < 0.01$

7. 각 검사법과 실제 치료 시 관찰된 인접면 우식증의 진행 정도 사이의 일치도 분석

실제 치료 시 관찰된 인접면 우식증의 진행 정도를 기준으로 하여 시진, Q-ray view, DIAGNOdent, 디지털 치근단 방사선사진 촬영을 통해 관찰된 측정치 사이의 일치도를 평가하기 위해 kappa값을 구하였다($p < 0.001$). 범랑질까지 진행된 인접면 우식증에 대한 실제 우식의 진행 정도와 시진, Q-ray view, DIAGNOdent, 디지털 치근단 방사선사진 촬영 사이의 kappa값은 각각 순서대로 0.15, 0.10, 0.25, 0.68으로, Q-ray view가 실제 우식의 진행 정도와 같은 낮은 일치도를 나타내었다(Table 8). 또한, 상아질까지 진행된 인접면 우식증에 대한 kappa값은 시진, Q-ray view, DIAGNOdent, 디지털 치근단 방사선사진 촬영 순서대로 0.34, 0.56, 0.44, 0.70으로, Q-ray view는 디지털 치근단 방사선사진 촬영 다음으로 높은 일치도를 나타내었다(Table 9).

Table 8. Kappa values for detection of proximal caries confined to enamel

Examination method	Kappa value	95% CI
Visual examination	0.15***	0.01-0.29
Q-ray view	0.10***	0.18-0.52
DIAGNOdent	0.25***	0.12-0.38
Digital periapical radiography	0.68***	0.51-0.85

*** : $p < 0.001$

CI = confidence interval

Table 9. Kappa values for detection of proximal caries extended into dentin

Examination method	Kappa value	95% CI
Visual examination	0.34***	0.21-0.47
Q-ray view	0.56***	0.41-0.70
DIAGNOdent	0.44***	0.29-0.59
Digital periapical radiography	0.70***	0.57-0.84

*** : $p < 0.001$

CI = confidence interval

IV. 고찰

본 연구에서 Q-ray view는 변연용선의 파괴 없이 상아질까지 진행된 인접면 우식증의 탐지에 대해 시진과 DIAGNOdent보다 높은 민감도와 특이도를 나타내었다. 또한, 각 검사법과 실제 치료 시 관찰된 인접면 우식증의 진행 정도 사이의 일치도를 평가하였을 때, Q-ray view가 상아질 우식증에 대해 시진과 DIAGNOdent보다 높은 일치도를 보였다. 그 이유는 상아질 우식병소의 유무를 붉은 형광을 통해 시각적으로 보여주기 때문에 임상진단의 정확성이 높기 때문인 것으로 생각된다.

검사 과정에서 시진으로 인접면 우식증이 관찰되지 않거나 인접면 우식증이 법랑질까지 진행된 것으로 의심되었으나 Q-ray view로 관찰했을 때 반원 형태의 뚜렷한 붉은색 형광이 관찰된 경우가 총 16사례 있었다. 이것으로 시진과 함께 Q-ray view를 사용할 경우 인접면 우식증을 탐지하는 능력이 향상될 수 있음을 알 수 있었다.

치의학 분야에서 형광을 이용하여 치아우식증을 탐지하기 위한 노력은 이전부터 계속되었다. DIAGNOdent는 레이저 형광의 원리에 입각한 장비로서 655 nm 파장의 레이저를 치아우식증의 탐지에 이용한다(Lussi and Hellwig, 2006). DIAGNOdent는 탐침이 도달할 수 없는 교합면의 깊고 좁은 소와 및 열구 하방의 우식병소의 존재 여부를 탐지하는데 유용하며, DIAGNOdent의 수치와 법랑

질의 탈회 정도가 관련이 있다고 알려져 있다(Farah et al., 2008). 그러나 DIAGNOdent를 이용한 인접면 우식증의 탐지에 대한 연구는 현재까지도 많이 이루어지지 않았으며, DIAGNOdent의 인접면 우식증 탐지에 대한 재현성과 정확도를 평가하기 위해서는 더 많은 연구가 필요한 상태이다(Neuhaus et al., 2009). QLF는 가시광선 영역의 빛을 치아에 조사해서 초기 우식증을 탐지할 수 있는 장비로, 건전한 법랑질의 경우 빛이 상아-법랑질 경계까지 투과한 뒤 반사되면서 녹색의 자연형광(*autofluorescence*)이 발현되지만 탈회 병소에서는 빛이 산란하면서 형광이 소실되어 어두운 그림자가 관찰된다(van der Veen and de Josselin de Jong, 2000).

QLF를 이용하면 교합면과 평활면의 초기 탈회 병소를 정량적으로 평가할 수 있다(Al-Khateeb et al., 1998; Tranæus et al., 2001; Stookey, 2005; Alammarî et al., 2013). 그러나 초기의 QLF 장비로 인접면의 법랑질 우식증을 탐지하는 것에는 한계가 있었다(Eggertsson et al., 1999; van der Veen and de Josselin de Jong, 2000; Tranæus and Angmar-Månsson, 2002). 전통적인 구내 카메라 형태의 QLF는 발전을 거듭하였고 2011년에는 특수 광원 필터와 디지털 이미지 센서를 장착한 디지털카메라 형태의 QLF-D가 개발되었다(Kim, 2011; Lee et al., 2013). QLF-D는 치아의 구조적인 변화에 의한 형광의 변화와 porphyrin에 의해 형성되는 붉은색 형광을 모두 표현할 수 있다. Q-ray view는 이러한 QLF-D가 사용의 편의를 위해 간편화된 형태라고 할 수 있다(Kim, 2011).

우식과 치태에서 관찰되는 붉은색 형광은 구강 내 세균에 의해 합성되는 porphyrin과 metalloporphyrin에 의한 것이다(König et al., 1998). Porphyrin과 metalloporphyrin은 398에서 421 nm 사이의 최대 흡수 파장 (absorption maxima)을 가지고 있어 405 nm의 푸른색 광선이 조사될 경우 붉은색의 형광을 방출할 수 있다(Koenig and Schneckenburger, 1994). 구강 내 세균 중 절대 혐기성 세균이 붉은색 형광의 원인으로 알려졌다 (Coulthwaite et al., 2006). *Lactobacilli*, *Actinomyces*와 *P. intermedia* 는 붉은색 형광을 나타내며 주로 상아질까지 진행된 우식병소의 전방에서 관찰된다(Banerjee et al., 2002; Munson et al., 2004; Wicht et al., 2004). 우식 병소에서 관찰되는 붉은색 형광은 *Streptococci*에 의한 것은 아니며, 혐기성 세균이 존재하는 치태의 축적으로 인한 것이라고 볼 수 있다(Coulthwaite et al., 2006). 그러나 숙성된 치태가 두껍게 존재하는 부위에서는 *Streptococci*와 같은 우식원성 세균(cariogenic bacteria)들 또한 많이 관찰될 것이다.

본 연구에서 Q-ray view를 사용한 전체 검사 결과가 실제 우식의 진행 정도와 강한 양의 상관관계를 보이긴 했으나, 범랑질까지 진행된 인접면 우식증의 탐지에서는 불확실성을 나타내었다. 범랑질 우식증 탐지에 대한 Q-ray view의 민감도와 특이도는 시진보다 낮았다. 또한, 실제 우식 진행 정도와의 일치도 평가에서 여러 검사법 중 가장 낮은 일치도를 보였다.

Q-ray view가 인접면의 법랑질 우식증을 탐지하는 데 한계를 나타낸 이유는 크게 두 가지 이유를 고려해 볼 수 있다. 첫째, 인접면에서의 형광 대조도의 부족 때문이다. 전통적인 형태의 QLF는 광원과 카메라의 외형 및 각도로 인해 인접면에 존재하는 초기 우식증을 탐지하는 것이 불가능한데 반하여(van der Veen and de Josselin de Jong, 2000), Q-ray view의 경우, 유구치의 협측과 설측에서 비교적 자유롭게 광원의 각도를 조절할 수 있다. 그러나 병소가 접촉점 하방에 존재하는 경우 적절하게 빛을 조사하기 어려우며, 인접면을 협측이나 설측에서 볼 경우 법랑질 하방에 상아질이 존재하지 않아 초기 법랑질 병소와 주위 법랑질 사이의 대조도가 부족하기 때문에 인접면에 존재하는 법랑질 우식증을 탐지하는 데는 한계점을 나타낸다고 생각된다(van der Veen and de Josselin de Jong, 2000; Tranæus and Angmar-Månsson, 2002). 둘째, 형광의 원인이 되는 세균의 종류 때문이다. 초기 법랑질 우식 병소에서는 *Streptococci*가 우세하게 관찰되는 것으로 알려졌는데(Al-Ahmad et al., 2009; Nyvad and Kilian, 1987), *Streptococci*는 405 nm 파장의 빛을 조사하였을 때 초록색의 형광을 발현한다(Lennon et al., 2006). 따라서 다른 세균보다 *Streptococci*가 우세한 초기 법랑질 우식 부위에서는 붉은색 형광을 관찰하기 힘들 것으로 생각된다.

본 연구 결과 유구치의 변연융선이 파괴되기 전 인접면 우식증을 조기에 발견하는 경우 치수치료를 피할 가능성이 높았다. 인접면의 변연융선이 파괴되지 않은 유구치만을 연구 대상으로 선정하였는데, 전체 치료 중 치수절단술 및 기성금속관 수복을 시행한 경우가 1%를 차지하였다. 변연융선이 파괴되기

전 인접면 우식증을 조기에 발견하여 치수치료 또는 발치와 같은 공격적인 치료를 피하는 것은 최소 침습 치의학 (minimally invasive dentistry)의 개념에도 부합한다(Murdoch-Kinch and McLean, 2003). 또한 치수치료를 시행하게 될 경우 치료 시간이 연장되고 치료의 복잡성이 증가할 수 있으므로, 인접면 우식증의 조기진단은 어린이의 행동조절 측면에서도 유리하다.

Q-ray view는 사용법이 간단하여 소아치과영역에서 유용하게 사용할 수 있다. DIAGNOdent를 사용할 경우 치면을 건조하고 반복 측정하는 과정이 필요하지만(Lussi et al., 2004), Q-ray view는 치면 건조 과정 또는 검사의 반복 없이 우식이 존재하는 부위에서 즉각적으로 붉은색 형광을 관찰할 수 있다. 따라서 행동조절이 어려운 어린이나 장애인 환자를 대상으로 검진할 때 쉽고 빠르게 인접면 우식증의 존재 여부를 확인하는 데 도움이 될 것이다. 또한, 보호자와 술자가 함께 고글을 착용하고 오래된 치태나 우식이 존재하는 부위를 관찰할 수 있어 교육적인 효과가 우수하며 근거 중심 치의학(evidence-based dentistry)의 개념에 적합하다. 점차 환자와 보호자들은 진단을 위한 자료들을 직접 확인하고 근거 자료에 기반한 설명을 듣길 원한다. Q-ray view는 일관성 있는 정보를 제공하므로 이러한 치의학 분야의 변화하는 추세에 적합한 우식 탐지 장비가 될 것으로 기대된다.

그러나 Q-ray view를 임상에서 사용할 때는 몇 가지 주의 사항이 있다. Q-ray view를 임상에서 실제로 사용할 때 우식이 아닌 치태나 치석이 있는 곳에

서도 붉은색 형광이 관찰될 수 있으므로 치실 사용과 치면세마를 통해 치태 또는 치석을 제거한 뒤 검진을 시행하는 것이 정확한 결과를 얻는 데 도움이 된다. 또한, Q-ray view를 사용할 경우 강한 빛의 dental light가 관찰 결과에 영향을 줄 수 있기 때문에, dental light를 끄고 Q-ray view로 치아에 빛을 조사하여 형광을 관찰하여야 한다(Pretty et al., 2002).

시진 후 Q-ray view로 관찰했을 때 붉은색 형광이 관찰되는 부위가 있는 경우, 우식의 진행 정도와 치근단 염증 유무 등을 확인하기 위해 치근단 방사선 사진을 촬영하는 과정이 필요하다. Q-ray view는 관찰되는 이미지를 저장할 수 없고 우식의 진행 정도를 정량화해서 나타내지는 못하기 때문이다. Q-ray view를 사용한 검사 결과는 치과 의사의 판단에 도움을 주는 보조적인 정보임을 고려해야 한다. 술자는 여러 검사 결과들을 토대로 어린이의 연령과 식이 습관 및 우식 발생 위험도 등을 종합적으로 판단하여 진단 및 치료 결정을 해야 할 것이다.

본 연구 결과 Q-ray view는 변연용선이 파괴되지 않고 상아질까지 진행된 유구치의 인접면 우식증의 탐지에 효과적이었다. 그러나 인접면 우식증이 상아질까지 진행되어 병소가 성숙하여야 뚜렷한 붉은색 형광을 관찰할 수 있었다. 우식 병소의 진행 정도와 붉은색 형광 발생의 관련성을 확인하기 위해서는 향후 발치된 치아를 사용하여 조직학적 검사를 병행한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 최근 새롭게 개발된 치아우식증 탐지장비인 Q-ray view가 변연용선이 건전한 유구치의 인접면 우식증을 적절히 탐지해 낼 수 있는지를 평가할 목적으로 임상연구를 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

각 검사법과 실제 치료 시 관찰된 인접면 우식증의 진행 정도 사이의 상관관계를 평가하였을 때, Q-ray view는 실제 우식의 진행 정도와 강한 양의 상관관계를 나타내었다($r = 0.74, p < 0.01$). 각 검사법과 인접면 우식증의 진행 정도 사이의 일치도를 평가하였을 때, 법랑질 우식증에 대한 Q-ray view의 kappa값은 0.10으로 검사법들 중에서 가장 낮은 일치도를 나타내었으나 상아질 우식증에 대한 kappa값은 0.56으로 디지털 치근단 방사선사진 촬영 다음으로 높은 일치도를 나타내었다($p < 0.001$).

비록 법랑질까지만 진행된 인접면 우식증에 대한 Q-ray view의 탐지 능력은 떨어졌으나, 변연용선이 파괴되기 전 상아질까지 진행된 인접면 우식증의 탐지에는 효과적이었다. 사진과 함께 Q-ray view를 사용할 경우, 유구치에 존재하는 인접면 우식증을 탐지하는 능력이 향상될 수 있을 것으로 생각된다. Q-ray view는 소아치과 의사가 협조 능력이 부족한 어린이나 장애인을 검진할 때, 유구치의 인접면 우식증을 탐지하는 데 도움을 줄 수 있는 유용하고 간편한 보조장비가 될 것으로 기대된다.

참고문헌

- Alammari MR, Smith PW, de Josselin de Jong E, Higham SM: Quantitative light-induced fluorescence (QLF): a tool for early occlusal dental caries detection and supporting decision making in vivo. *J Dent* 41(2): 127-132, 2013.
- American Academy of Pediatric Dentistry: Guideline on prescribing dental radiographs for infants, children, adolescents, and persons with special health care needs. *Pediatr Dent* 34(5): 189-191, 2012.
- Al-Ahmad A, Follo M, Selzer AC, Hellwig E, Hannig M, Hannig C: Bacterial colonization of enamel in situ investigated using fluorescence in situ hybridization. *J Med Microbiol* 58(10): 1359-1366, 2009.
- Al-Khateeb S, Forsberg CM, de Josselin de Jong E, Angmar-Månsson B: A longitudinal laser fluorescence study of white spot lesions in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 113(6): 595-602, 1998.
- Banerjee A, Yasseri M, Munson M: A method for the detection and quantification of bacteria in human carious dentine using fluorescent in situ hybridisation. *J Dent* 30(7): 359-363, 2002.

- Coulthwaite L, Pretty IA, Smith PW, Higham SM, Verran J: The microbiological origin of fluorescence observed in plaque on dentures during QLF analysis. *Caries Res* 40(2): 112-116, 2006.
- Eggertsson H, Analoui M, van der Veen M, González-Cabezas C, Eckert G, Stookey G: Detection of early interproximal caries in vitro using laser fluorescence, dye-enhanced laser fluorescence and direct visual examination. *Caries Res* 33(3): 227-233, 1999.
- Farah RA, Drummond BK, Swain MV, Williams S: Relationship between laser fluorescence and enamel hypomineralisation. *J Dent* 36(11): 915-921, 2008.
- Hope CK, de Josselin de Jong E, Field MR, Valappil SP, Higham SM: Photobleaching of red fluorescence in oral biofilms. *J Periodontal Res* 46(2): 228-234, 2011.
- Kim BI: QLF concept and clinical impletation. *The Journal of the Korean Dental Association* 49(8): 443-450, 2011.
- Kim YH, Kang BC: The value of periapical radiograph in the diagnosis of interproximal caries. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 30(1): 49-54, 2000.
- Koenig K, Schneckenburger H: Laser-induced autofluorescence for medical diagnosis. *J Fluoresc* 4(1): 17-40, 1994.

- König K, Flemming G, Hibst R: Laser-induced autofluorescence spectroscopy of dental caries. *Cell Mol Biol(Noisy-le-grand)* 44(8): 1293-1300, 1998.
- Lee ES, Kang SM, Ko HY, Kwon HK, Kim BI: Association between the cariogenicity of a dental microcosm biofilm and its red fluorescence detected by Quantitative Light-induced Fluorescence-Digital (QLF-D). *J Dent* 41(12): 1264-1270, 2013.
- Lennon AM, Buchalla W, Brune L, Zimmermann O, Gross U, Attin T: The ability of selected oral microorganisms to emit red fluorescence. *Caries Res* 40(1): 2-5, 2006.
- Lussi A, Hibst R, Paulus R: DIAGNOdent: an optical method for caries detection. *J Dent Res* 83(suppl 1): C80-C83, 2004.
- Lussi A, Hellwig E: Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. *J Dent* 34(7): 467-471, 2006.
- Mejäre I, Gröndahl HG, Carlstedt K, Grever AC, Ottosson E: Accuracy at radiography and probing for the diagnosis of proximal caries. *Scand J Dent Res* 93(2): 178-184, 1985.
- Mo KH, Yoon JH, Kim SG, Lee SH: Detection of proximal caries using laser fluorescence. *J Korean Acad Pediatr Dent* 31(2): 323-330, 2004.

- Munson MA, Banerjee A, Watson TF, Wade WG: Molecular analysis of the microflora associated with dental caries. *J Clin Microbiol* 42(7): 3023-3029, 2004.
- Murdoch-Kinch CA, McLean ME: Minimally invasive dentistry. *J Am Dent Assoc* 134(1): 87-96, 2003.
- Neuhaus KW, Longbottom C, Ellwood R, Lussi A: Novel lesion detection aids. *Monoqr Oral Sci* 21: 52-62, 2009.
- Newman B, Seow WK, Kazoullis S, Ford D, Holcombe T: Clinical detection of caries in the primary dentition with and without bitewing radiography. *Aust Dent J* 54(1): 23-30, 2009.
- Nyvad B, Kilian M: Microbiology of the early colonization of human enamel and root surfaces in vivo. *Scand J Dent Res* 95(5): 369-380, 1987.
- Pretty IA, Edgar WM, Higham SM: The effect of ambient light on QLF analyses. *J Oral Rehabil* 29(4): 369-373, 2002.
- Seol JH, Oh YH, Lee NY, Lee SH: Detection of early proximal caries with laser fluorescence. *J Korean Acad Pediatr Dent.* 31(2): 236-246, 2004.
- Stookey GK: Quantitative light fluorescence: a technology for early monitoring of the caries process. *Dent Clin North Am* 49(4): 753-770, 2005.

- Tranæus S, Al-Khateeb S, Björkman S, Twetman S, Angmar-Månsson B:
Application of quantitative light-induced fluorescence to monitor
incipient lesions in caries-active children. A comparative study
of remineralisation by fluoride varnish and professional cleaning.
Eur J Oral Sci 109(2): 71-75, 2001.
- Tranæus S, Angmar-Månsson B: Quantitative light-induced fluorescence
measurement-a future method for the dentist? *Quintessenz* 53(2):
131-141, 2002.
- van der Veen MH, de Josselin de Jong E: Application of quantitative
light-induced fluorescence for assessing early caries lesions.
Monoqr Oral Sci 17: 144-162, 2000.
- van der Veen MH, Thomas RZ, Huysmans MC, de Soet JJ: Red autofluorescence
of dental plaque bacteria. *Caries Res* 40(6): 542-545, 2006.
- White SC, Atchison KA, Hewlett ER, Flack VF: Efficacy of FDA guidelines
for ordering radiographs for caries detection. *Oral Surg Oral Med
Oral Pathol* 77(5): 531-540, 1994.
- White SC, Pharoah MJ : Oral Raiology: Principles and interpretation, *7th
ed.*, Mosby, 271-298, 2013.
- Wicht MJ, Haak R, Schütt-Gerowitt H, Kneist S, Noack MJ: Suppression of
caries-related microorganisms in dentine lesions after short-term

chlorhexidine or antibiotic treatment. *Caries Res* 38(5): 436-441, 2004.

Wilson PR, Beynon AD: Mineralization differences between human deciduous and permanent enamel measured by quantitative microradiography. *Arch Oral Biol* 34(2): 85-88, 1989.



Abstract

Detection of Proximal Caries using Q-ray view
in Primary Molars

Younwook Jeong

Department of Dental Science

The Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor Seong-Oh Kim)

The purpose of this study was to evaluate the ability of Q-ray view (All in one Bio, Seoul, Korea) in detection of proximal caries in primary molars with sound marginal ridges.

Thirty two children aged 3-9 years (average 5.6 ± 1.3 years old) were chosen, and two examiners evaluated 100 proximal surfaces of primary molars with sound marginal ridges. The teeth were examined with (a) visual examination, (b) Q-ray view, (c) DIAGNOdent (KaVo, Biberach, Germany) and (d) digital periapical radiography.

Spearman' s rank correlation coefficients between each examination method and the degree of caries progression were 0.80 (digital periapical radiography), 0.74 (Q-ray view), 0.59 (DIAGNOdent) and 0.36 (visual examination) respectively ($p < 0.01$). In addition, Kappa statistic was used to assess agreement between each examination method and the degree of caries progression ($p < 0.001$). The kappa values for enamel caries were 0.68 (digital periapical radiography), 0.25 (DIAGNOdent), 0.15 (visual examination) and 0.10 (Q-ray view). The kappa values for dentinal caries were 0.70 (digital periapical radiography), 0.56 (Q-ray view), 0.44 (DIAGNOdent) and 0.34 (visual examination).

Although Q-ray view showed low diagnostic ability in detection of enamel caries, it was effective in detection of proximal caries

extended into dentin. Q-ray view would be a useful and simple device which could aid pediatric dentists in detection of proximal caries in primary molars especially when examining uncooperative children or disabled people.



Key words: Q-ray view, Quantitative Light-induced Fluorescence (QLF), fluorescence, proximal caries, primary molar, marginal ridge