



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 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](#)

2015년 2월

석사학위논문

석사학위논문

휴대용 QLF를 이용한
치아검사의 효용성 평가

휴대용 QLF를 이용한 치아검사의 효용성 평가

조선대학교 대학원

치 의 학 과

이 금 호

이
금
호

휴대용 QLF를 이용한 치아검사의 효용성 평가

Effectiveness of portable QLF on tooth
examination

2015년 2월 25일

조선대학교 대학원

치 의 학 과

이 금 호

휴대용 QLF를 이용한 치아검사의 효용성 평가

지도교수 이 병 진

이 논문을 치의학 석사학위신청 논문으로 제출함

2014년 10월

조선대학교 대학원

치 의 학 과

이 금 호

이금호의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 김 동 기 (인)

위 원 조선대학교 부교수 민 정 범 (인)

위 원 조선대학교 조교수 이 병 진 (인)

2014년 11월

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT	iv
서론	1
1. 연구 배경 및 필요성	1
2. 연구 목적	2
연구대상 및 방법	3
1. 연구개요	3
2. 연구대상	4
3. 연구방법	4
연구성적	7
1. 조사자별 치아검사결과 일치도	7
2. 조사자 간의 일치도 비교	14
3. 치아우식증 진단에 대한 ROC 곡선	15
4. 수복물 판별에 대한 ROC 곡선	17
고안	19
결론	27
참고문헌	28

표 목 차

Table 1. Comparing examined tooth status with naked eye of examiner A with gold standard	8
Table 2. Comparing Qraycam visible ray examined tooth status of examiner A with gold standard	9
Table 3. Comparing Qraycam 405 nm blue ray examined tooth status of examiner A with gold standard	10
Table 4. Comparing examined tooth status with naked eye of examiner D with gold standard	11
Table 5. Comparing Qraycam visible ray examined tooth status of examiner A with gold standard	12
Table 6. Comparing Qraycam 405 nm blue ray examined tooth status of examiner D with gold standard	13
Table 7. Observed agreement of examiners	14
Table 8. ROC curve analysis of caries detection in examiner A	15
Table 9. ROC curve analysis of caries detection in examiner D	16
Table 10. ROC curve analysis of filling body detection in examiner A	17
Table 11. ROC curve analysis of filling body detection in examiner D	18

그림 목 차

Figure 1. Framework of this study	3
Figure 2. ROC curve of caries detection in examiner A ·	15
Figure 3. ROC curve of caries detection in examiner D ·	16
Figure 4. ROC curve of filling body detection in examiner A	17
Figure 5. ROC curve of filling body detection in examiner D	18

ABSTRACT

Effectiveness of portable QLF on tooth examination

Lee, Kum Ho

Advisor: Prof. Lee Byoung Jin, Ph.D.

Department of Dentistry,

Graduate School of Chosun University

Purpose: The aim of this study was to evaluate applicability of Qraycam device in tooth examination for enhancing the detection of caries and filling body detection.

Method: Fifty two subjects aged 25 to 34 were recruited for tooth examination. Two examiners (1 epidemiologic expert and 1 non expert) carried out visual tooth examination using only dental operating light, dental mirror and air-drying without dental explorer. And pictures or movies on every tooth surfaces were taken under visual ray and 405 nm blue ray respectively using Qraycam. Two examiners performed tooth examination from movies or images taken by Qraycam after more than 7 days from visual examination.

Agreement for two examiners and Receiver Operating Characteristics (ROC) (AUC) were evaluated with gold standard derived from visual and Qraycam examination.

Results:

1. The results of visual examination, visible ray image examination and 405 nm blue ray image examination showed very good kappa agreement with gold standard in both examiners.
2. 405 nm blue ray image examination showed higher kappa agreement than visible ray image examination, and that was similar to visual examination.
3. Accuracy of detecting caries was enhanced by using 405 nm blue ray image from Qraycam.
4. Accuracy of detecting filling body of 405 nm blue ray image examination was almost equal to visual examination.

Conclusion: Tooth examination with Qraycam images revealed high agreement with gold standard and showed accuracy for detecting caries and filling body. Therefore, Qraycam would enhance the quality of oral epidemiologic survey including tooth examination and is expected to save cost and time for survey.

서 론

1. 연구 배경 및 필요성

치아검사는 임상적으로 진료의 필요를 결정하는 과정일 뿐만 아니라, 지역 사회의 구강건강을 평가하는 역학조사에서도 필수적인 과정이다. 현재까지의 구강건강 역학조사는 세계보건기구(WHO)의 조사 기준에 따라 역학조사 전문가 및 소정의 교육을 받은 조사자가 조사대상자가 있는 현장을 직접 방문하여 치아를 관찰하고, 이를 기록한 후 결과를 집계하는 방법으로 진행된다.

이를 위해 검진팀은 이론교육-사진교육-모형교육-모의검사 과정을 거치며 적합한 타당도와 신뢰도를 얻기 위해서 수 차례의 반복교육을 실시한다. 그럼에도 불구하고 대부분의 구강건강 역학조사가 치과 진료실이 아닌 조사대상자가 생활하는 공간에서 이루어지는 경우가 많아 적절한 조명과 압축공기를 이용할 수 없고, 검사자의 자세가 안정적이지 않은 경우 오차가 발생할 가능성이 크다. 또한 심미적 수복물이 증가하면서 육안검사 만으로는 심미수복물을 찾아내기가 쉽지 않는 등 육안 검사의 한계점이 제기되고 있다. 또한 검사자가 직접 현장을 방문해야 한다는 점에서 시간 및 비용과 이동의 문제점이 제기되었다.

최근 치아우식증을 초기에 탐지하는 장비들이 개발되고 있는데 현재 임상에서 활용되고 있는 장비로는 laser fluorescene¹⁻⁵⁾, digital imaging fiber-optic trans-illumination⁶⁻⁹⁾, quantitative light-induced fluorescene(QLF)¹⁰⁻¹¹⁾ 등이 있다. 이중 QLF는 법랑질 내부의 초기 탈회를 405 nm 파장의 청색 가시광선을 이용하여 찾아내는 장비이다. 405 nm 청색광을 치아에 조사하면 건전한 치아의 경우 광선이 상아법랑경계(DEJ)까지 투과한 뒤 반사되면서 녹색의 자연형광이 발생하게 된다. 그러나 초기 우식증이 있는 병소의 경우, 병소 부위에서 빛이 산란되면서 형광이 소실되어 회색 혹은 흑색으로 명도가 소실되어 상대적으로 검게 보인다. QLF 장비는 명도가 소실된 정도를 구체적인 수치로 제시할수 있는데 다른 우식 진단 기기와 비교했을 때 민감도 0.83, 특이도 0.92로 초기우식을 탐지하는데

우수한 능력을 나타내었다¹²⁻¹⁶⁾.

이러한 QLF의 진화된 형태인 QLF-D Biluminator(이하 QLF-D)¹⁶⁻¹⁹⁾는 특수광원과 필터가 내장된 디지털 카메라를 활용하여 일반 백색광원과 QLF 형광 영상을 연속으로 촬영할 수 있는 제품이다. 이 제품의 원리는 구강 내에 존재하는 세균이 분비하는 포피린(Porphyrin)이라는 대사 산물에서 발생하는 붉은색의 형광을 탐지하는 것이며, 특수필터를 사용함으로써 촬영된 영상이 실제와 좀 더 가깝게 만들었다. 그 결과 정상 치질은 원래의 이미지와 비슷한 형태로 보이고 미생물의 활성이 높은 우식이나 오래된 치면세균막에서는 붉은색의 형광을 확인할 수 있다. 또한 육안으로 쉽게 관찰하기 어려운 레진 수복물이나, 실런트 주변의 미세누출, 이차우식 증 및 심미보철물도 쉽게 확인할 수 있다.

최근 개발된 큐레이캠(AllinOne Bio, Seoul, Korea)은 기존의 QLF-D의 기능에 가시광선과 405 nm 청색광을 조사한 동영상을 동시에 촬영 및 저장이 가능하며, 크기를 크게 감소시켜 휴대가 간편해진 제품이다. 이러한 큐레이캠을 구강건강 역학조사의 치아검사에 이용할 경우 검사에 대한 사전교육을 통한 숙련도와 무관하게 검사 결과를 얻을 수 있으리라 생각되며, 이를 통해 역학조사 전문가 및 조사자의 현장방문이 아니더라도 채득된 영상을 통한 검진이 가능해 그 효율도가 높을 것이라고 예상된다.

2. 연구 목적

이에 본 연구는 큐레이캠을 구강건강 역학조사의 치아검사에 사용하여 실제 육안으로 관찰한 결과, 큐레이캠으로 촬영된 영상을 통해 판독한 결과를 황금기준과 비교하여 그 일치도 분석함으로써 큐레이캠의 효율성을 검증하기 위하여 수행되었다.

연구대상 및 방법

1. 연구개요

본 연구에서 큐레이캠 장비를 이용하여 치아검사를 한 결과와 육안 검사와의 차이를 조사하기 위하여, 역학조사 전문가(A) 및 비전문가(D) 각 1인이 조사대상자의 치아를 육안으로 관찰한 결과(A1, D1)와 치아에 가시광선을 조사하여 큐레이캠으로 촬영한 영상 혹은 화상(AV, DV) 및 큐레이캠으로 405 nm 청색광을 조사하여 촬영한 영상 혹은 화상(AQ, DQ)을 이용하여 치아상태를 판정한 결과를 황금기준과 비교하여 일치도를 조사하였다(Fig 1).

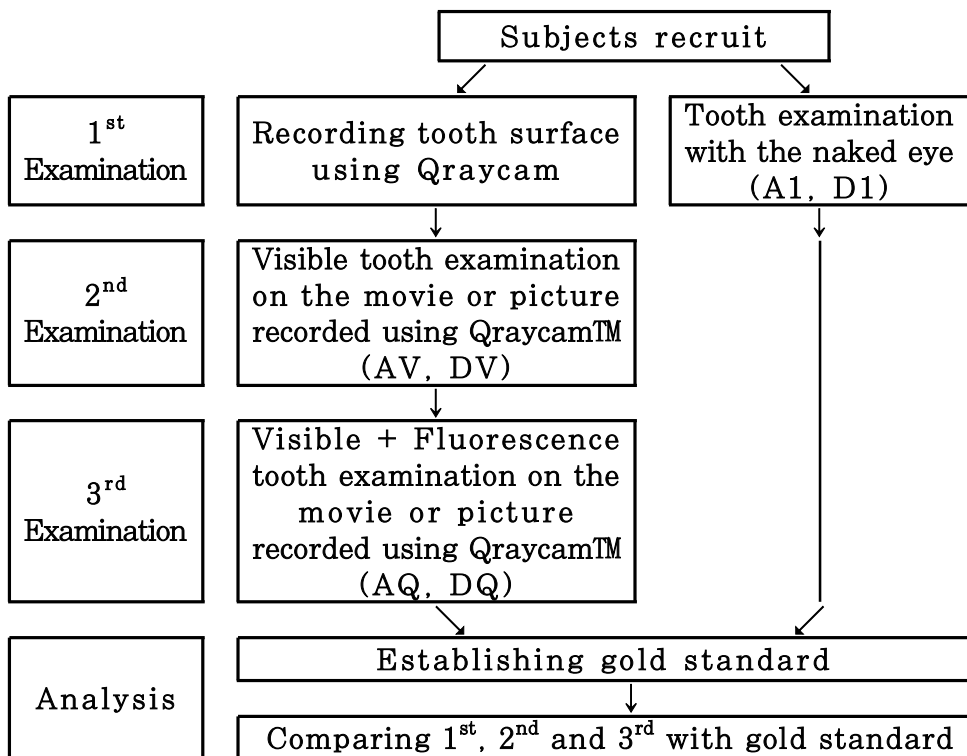


Fig 1. Framework of this study

2. 연구대상

가. 연구대상자 선정

본 연구의 대상자는 구강검사를 받기에 적합한 사람을 대상으로 모집되었으며, 구강검사가 어려울 정도로 치아우식증과 치주질환이 심하게 진행된 사람은 배제되었으나, 연구의 특성상 잔존치근 정도가 아닌 치아우식증이 있는 대상자는 포함되었다. 전체 조사대상자는 총 52명(남성 41명, 여성 11명)이었고, 조사대상자의 연령은 24세에서 35세이었다.

나. 연구동의

연구대상자 모집과정에서 연구의 취지를 충분히 설명받고, 이를 충분히 이해하여 자발적으로 동의한 사람이 최종 조사대상자로 선발되었다. 본 연구는 조선대학교 치과병원 임상시험심의위원회의 승인(CDMDIRB-1218-95)을 받아 진행되었다.

3. 연구방법

가. 치아검사기준

본 조사에서 사용한 치아검사기준은 세계보건기구(WHO)의 구강건강검사기준²⁰⁾을 준용한 우리나라의 국민건강영양조사 구강검사기준²¹⁾을 준용하여 실시하였다.

나. 치아검사방법

조사대상자의 치아는 치과용 유니트체어에서 치과진료용 할로겐 조명하에서 검사하였다. 기본적으로 치경을 이용하여 치아상태를 검사하였으며, 일부 조사자에서는 치아우식증 상태(와동형성 여부) 및 보철 혹은 수복물 존재를 확인하기 위하여 치주용 탐침을 사용하였다.

치아검사는 역학조사 전문가(조사자 A) 1인과 비전문가인 치과의사(조사자 D) 1인이 중복하여 실시하였으며, 검사결과는 각 조사용지에 조사자별로 별도로 작성하였다. 조사대상자는 조사자가 검사결과를 검사 전에 미리 알

지 못하게 하기 위하여, 먼저 조사한 치아검사 결과를 조사자에게 말하지 않도록 지도받았다.

치아 상태는 모든 치아를 치면별로 조사하였으며, 발거된 치아 및 전치부의 수복물과 같이 치아우식증 원인이 아닌 발거 혹은 수복물의 존재 여부는 조사대상자에게 치아검사 시에 설문하여 확인하였다.

다. 큐레이캠 촬영

전체 조사대상자의 치아상태는 큐레이캠을 이용하여 조사과정 중에 촬영하였다. 큐레이캠 장비 사용에 능숙한 조사자 1인은 모든 치아 상태를 장비의 조명장치에서 조사되는 가시광선과 405 nm 청색광을 조사하면서 각각 녹화하였고, 녹화 과정에서는 구강검사용 치경과 구강촬영용 거울을 사용하여 직접 관찰하지 못하는 치면을 반사시켜 녹화하였다. 동영상 모드를 이용하여 녹화하기 어렵거나 정밀한 분석이 필요하다고 생각되는 치면은 정지화상 모드로 촬영하여 판독 시에 활용하였다.

라. 큐레이캠 촬영영상 판독

촬영한 큐레이캠 영상은 조사대상자별로 폴더에 저장하였으며 가시광선을 조사하여 촬영한 영상과, 405 nm 청색광을 조사하여 촬영한 영상을 별도로 분리하여 파일로 형성하였다. 각 조사자는 컴퓨터의 영상재생 프로그램을 이용하여 저장된 파일을 재생하고, 모니터를 통해 이를 관찰한 결과를 별도의 치아검사 기록지에 기록하였다.

조사자는 가시광선을 조사한 영상을 먼저 관찰하여 판단한 치아검사 결과를 검사기록지에 기록한 후, 즉시 405 nm 청색광을 조사한 영상을 관찰하여, 가시광선으로 관찰한 결과와 차이가 나는 경우에 별도로 기록하도록 하였다. 큐레이캠 촬영 영상 판독은 최초의 육안 치아검사 결과가 기억에 남지 않도록 최소 1주일 후에 판독하였다.

마. 황금기준 결정

두 조사자의 치아검사 결과의 일치도를 조사하기 위한 황금기준(Gold

standard)은 각 조사자의 육안 검사결과 및 촬영한 큐레이 영상을 종합적으로 분석하여 조사자 A가 최종적으로 결정하였다. 3번의 조사결과가 모두 일치한 경우에는 해당 조사결과를 황금기준으로 결정하였고, 조사자 간에 혹은 같은 조사자의 결과에 차이가 있는 치면의 검사 결과는 각각의 결과를 비교한 후 촬영된 영상을 조회하여 판독된 결과를 황금기준으로 결정하였다. 명백하게 표기 오류인 경우나, 발거 이유와 같이 치아 검사의 정확성과 관계없는 오류는 보정하여, 최종 일치도의 차이가 순수하게 치아 검사의 정확성만으로 나타나게 하였다.

바. 분석방법

두 명의 조사자가 최초 육안으로 직접 관찰한 치아검사 결과(A1 및 D1), 가시광선을 조사하여 촬영한 영상을 판독한 결과(AV, DV) 및 405 nm 청색광을 조사하여 촬영한 영상을 판독한 결과(AQ, DQ)는 각각 데이터를 입력한 후 결정된 황금기준과의 일치도를 산출하였다. 일치도 분석에 사용한 치아검사 결과는 0~8 까지의 치아검사 결과를 모두 활용하였다. 일치도는 IBM SPSS Statistics 20.0 프로그램(IBM Corporation, Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였고, 교차분석을 통해 카과값을 산출하였다.

연구성적

1. 조사자별 치아검사결과 일치도

가. 역학조사 전문가

역학조사 전문가인 조사자 A의 치아검사 결과를 황금기준과 비교하여 교차분석한 결과, 육안 관찰(A1), 큐레이캠으로 가시광선을 조사한 이미지(AV) 및 큐레이캠으로 405 nm 청색광을 조사한 이미지를 판독한 결과 모두 우수한 일치도를 나타내었다(Table 1-3). 조사결과 일치도는 육안 관찰 시에 가장 높았으며, 가시광선 이미지를 보고 판독한 결과가 가장 낮았고, 청색광을 조사하여 촬영한 이미지를 판독한 결과는 육안 관찰 결과와 비슷한 수준이었다.

나. 역학조사 비전문가

역학조사 비전문가인 조사자 D의 치아검사 결과를 황금기준과 비교하여 교차분석한 결과, 육안 관찰(A1), 큐레이캠으로 가시광선을 조사한 이미지(AV) 및 큐레이캠으로 405 nm 청색광을 조사한 이미지를 판독한 결과 모두 조사자 A에 비하여 낮았지만 우수한 일치도를 나타내었다(Table 4-6). 조사결과 일치도는 육안검사 시와 청색광을 조사하여 촬영한 이미지를 판독한 결과가 비슷하게 높았으며, 가시광선 이미지를 보고 판독한 결과는 상대적으로 낮았다.

Table 1. Comparing examined tooth status with naked eye of examiner A with gold standard

		A1(Optical examination)								Total
		0 (Sound)	1 (Decay)	3 (Filling)	4 (Missing due to caries)	5 (Missing not due to caries)	6 (Sealing)	7 (Filling not due to caries)	8 (Un- erupted)	
Gold Standard	0	5631	4	8	0	0	2	1	0	5646
	1	15	34	4	0	0	0	0	0	53
	3	51	2	824	0	0	5	0	0	882
	4	0	0	0	45	0	0	0	0	45
	5	0	0	0	0	559	0	0	0	559
	6	7	0	2	0	0	55	0	0	64
	7	3	0	0	0	0	1	43	0	47
	8	0	0	0	0	0	0	0	400	400
Total		5707	40	838	45	559	63	44	400	7696

Kappa=0.969, $P < 0.001$

Table 2. Comparing Qraycam visible ray examined tooth status of examiner A with gold standard

		AV(Qraycam visible ray image examination)								
		0 (Sound)	1 (Decay)	3 (Filling)	4 (Missing due to caries)	5 (Missing not due to caries)	6 (Sealing)	7 (Filling not due to caries)	8 (Un- erupted)	Total
Gold Standard	0	5627	8	9	0	0	2	0	0	5646
	1	10	41	2	0	0	0	0	0	53
	3	101	7	760	0	0	14	0	0	882
	4	0	0	5	40	0	0	0	0	45
	5	0	0	0	0	555	0	4	0	559
	6	24	0	4	0	0	36	0	0	64
	7	4	0	0	0	0	0	43	0	47
	8	0	0	0	0	0	0	0	400	400
	Total	5766	56	780	40	555	52	47	400	7696

Kappa=0.941, $P < 0.001$

Table 3. Comparing Qraycam 405 nm blue ray examined tooth status of examiner A with gold standard

		AQ(Qraycam 405 nm blue ray image examination)								
		0 (Sound)	1 (Decay)	3 (Filling)	4 (Missing due to caries)	5 (Missing not due to caries)	6 (Sealing)	7 (Filling not due to caries)	8 (Un- erupted)	Total
Gold Standard	0	5618	11	15	0	0	1	0	0	5645
	1	4	46	3	0	0	0	0	0	53
	3	48	6	818	0	0	10	0	0	882
	4	0	0	5	40	0	0	0	0	45
	5	0	0	0	0	555	0	4	0	559
	6	11	1	3	0	0	49	0	0	64
	7	1	0	0	0	0	0	46	0	47
	8	0	0	0	0	0	0	0	400	400
Total	5682	64	844	40	555	60	50	400	7695	

Kappa=0.963, $P < 0.001$

Table 4. Comparing examined tooth status with naked eye of examiner D with gold standard

		D1(Optical examination)								Total
		0 (Sound)	1 (Decay)	3 (Filling)	4 (Missing due to caries)	5 (Missing not due to caries)	6 (Sealing)	7 (Filling not due to caries)	8 (Un- erupted)	
Gold Standard	0	5605	12	19	0	1	4	5	0	5646
	1	27	21	4	0	0	0	1	0	53
	3	61	0	812	0	0	8	1	0	882
	4	0	0	5	40	0	0	0	0	45
	5	1	0	0	5	549	0	4	0	559
	6	8	0	10	0	0	46	0	0	64
	7	6	0	0	0	0	0	41	0	47
	8	0	0	0	0	0	0	0	400	400
Total		5708	33	850	45	550	58	52	400	7696

Kappa=0.946, $P < 0.001$

Table 5. Comparing Qraycam visible ray examined tooth status of examiner A with gold standard

		DV(Qraycam visible ray image examination)								
		0 (Sound)	1 (Decay)	3 (Filling)	4 (Missing due to caries)	5 (Missing not due to caries)	6 (Sealing)	7 (Filling not due to caries)	8 (Un- erupted)	Total
Gold Standard	0	5596	14	29	0	0	7	0	0	5646
	1	19	29	5	0	0	0	0	0	53
	3	108	1	764	0	0	9	0	0	882
	4	0	0	5	40	0	0	0	0	45
	5	0	0	0	0	555	0	4	0	559
	6	24	0	9	0	0	31	0	0	64
	7	6	0	0	0	0	0	41	0	47
	8	0	0	0	0	0	0	0	400	400
	Total	5753	44	812	40	555	47	45	400	7696

Kappa=0.928, $P < 0.001$

Table 6. Comparing Qraycam 405 nm blue ray examined tooth status of examiner D with gold standard

		DQ(Qraycam 405 nm blue ray image examination)								
		0 (Sound)	1 (Decay)	3 (Filling)	4 (Missing due to caries)	5 (Missing not due to caries)	6 (Sealing)	7 (Filling not due to caries)	8 (Un- erupted)	Total
Gold Standard	0	5587	11	43	0	0	4	1	0	5646
	1	19	28	6	0	0	0	0	0	53
	3	46	3	825	0	0	8	0	0	882
	4	0	0	5	40	0	0	0	0	45
	5	0	0	0	0	555	0	4	0	559
	6	19	0	8	0	0	37	0	0	64
	7	1	0	0	0	0	0	46	0	47
	8	0	0	0	0	0	0	0	400	400
	Total	5672	42	887	40	555	49	51	400	7696

Kappa=0.947, $P < 0.001$

2. 조사자 간의 일치도 비교

세 가지 치아검사 결과와 황금기준과의 일치도를 조사자 간에 비교하였을 때, 역학조사 전문가인 조사자 A의 일치도가 비전문가인 조사자 D에 비하여 고르게 높은 수준이었다(Table 7). 조사대상자의 치아를 직접 관찰한 결과와 405 nm 청색광을 조사하여 촬영한 치아의 이미지를 판독한 결과는 거의 비슷한 수준이었으며, 큐레이캠 장비의 가시광선을 조사하여 촬영한 이미지를 보고 판독한 치아검사 결과 일치도는 두 조사자 모두에서 상대적으로 낮은 수준이었다.

Table 7. Observed agreement of examiners (kappa value)

Examiner	Optical examination	Visible ray image examination	405 nm blue ray image examination
Examiner A (Oral epidemiologic expert)	0.969	0.941	0.963
Examiner D (Non expert)	0.946	0.928	0.947

3. 치아우식증 진단에 대한 ROC 곡선

가. 역학조사 전문가

역학조사 전문가의 치아우식증 진단 결과를 이용하여 도출한 ROC 곡선은 Fig 2와 같다. 큐레이캠의 청색광을 조사하여 판독한 치아우식증 진단 결과의 민감도가 더 높은 수준이었다. ROC 곡선의 아래 면적은 큐레이캠의 청색광을 조사하여 판독한 방법이 가장 높았다(Table 8).

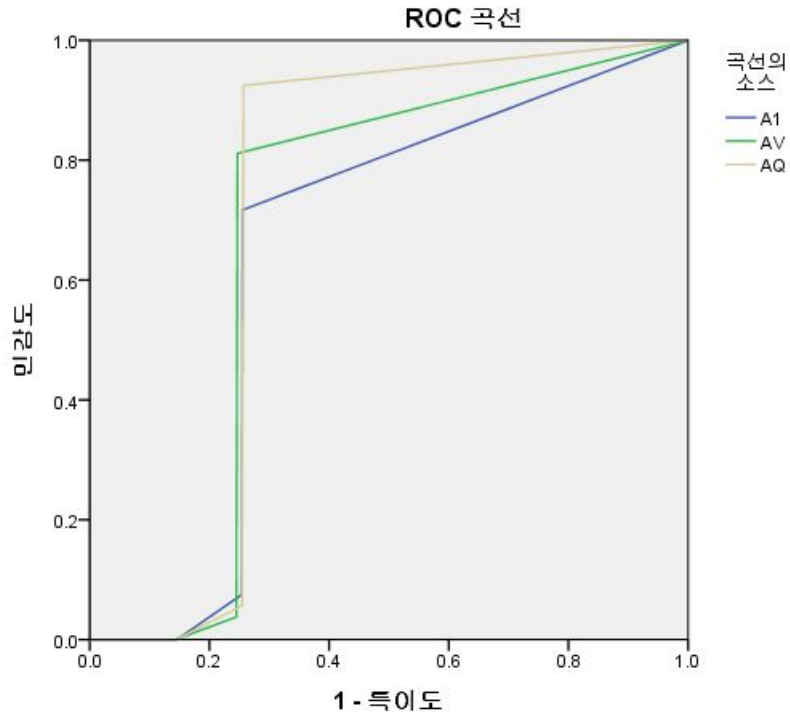


Fig 2. ROC curve of caries detection in examiner A

Table 8. ROC curve analysis of caries detection in examiner A

Test variables	Result area under ROC-curve	Standard Error	Significance	95% confidence interval	
				Lower	Upper
A1	0.644	0.029	<0.001	0.588	0.700
AV	0.685	0.025	<0.001	0.636	0.733
AQ	0.719	0.017	<0.001	0.687	0.752

나. 역학조사 비전문가

역학조사 비전문가의 치아우식증 진단 결과를 이용하여 도출한 ROC 곡선은 Fig 3와 같다. 큐레이캠의 가시광선과 청색광을 조사하여 관독한 치아우식증 진단 결과의 민감도가 직접 관찰한 결과보다 더 높은 수준이었다. ROC 곡선의 아래 면적도 비슷한 양상을 나타내었다(Table 9).

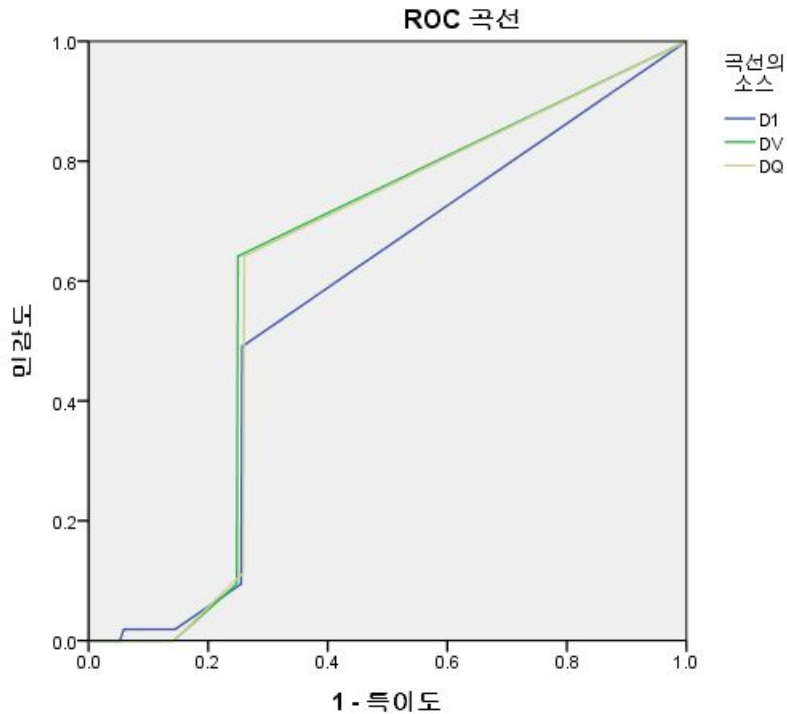


Fig 3. ROC curve of caries detection in examiner D

Table 9. ROC curve analysis of caries detection in examiner D

Test variables	Result area under ROC-curve	Standard Error	Significance	95% Confidence interval	
				Lower	Upper
D1	0.562	0.034	0.117	0.495	0.630
DV	0.621	0.031	0.002	0.560	0.683
DQ	0.614	0.031	0.004	0.553	0.675

4. 수복물 판별에 대한 ROC 곡선

가. 역학조사 전문가

역학조사 전문가가 검사한 수복물 판별 결과를 이용하여 도출한 ROC 곡선은 Fig 4와 같다. 큐레이캠의 가시광선과 청색광을 조사하여 판독한 수복물 판독의 민감도가 육안으로 직접 관찰한 결과보다 더 높은 수준이었다. ROC 곡선의 아래 면적도 비슷한 양상을 나타내었다(Table 10).

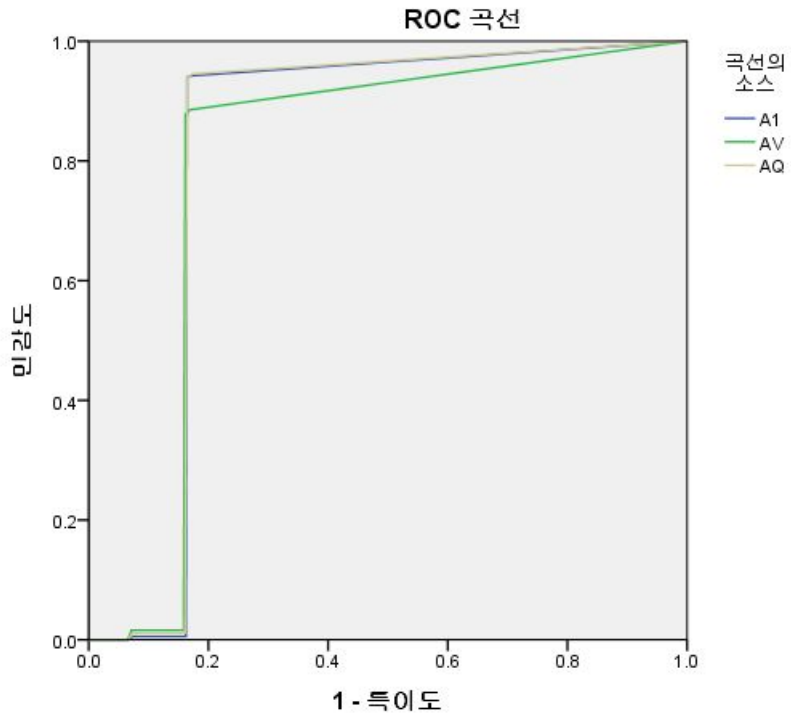


Fig 4. ROC curve of filling body detection in examiner A

Table 10. ROC curve analysis of filling body detection in examiner A

Test variables	Result area under ROC-curve	Standard Error	Significance	95% Confidence interval	
				Lower	Upper
A1	0.813	0.006	<0.001	0.801	0.824
AV	0.793	0.007	<0.001	0.780	0.806
AQ	0.815	0.006	<0.001	0.804	0.827

나. 역학조사 비전문가

역학조사 비전문가가 검사한 수복물 판별 결과를 이용하여 도출한 ROC 곡선은 Fig 5와 같다. 큐레이캠의 청색광을 조사하여 판독한 수복물 판별결과가 직접 관찰한 결과보다 더 높은 수준이었다. ROC 곡선의 아래 면적은 청색광을 조사하여 판별한 결과가 가장 높았다(Table 11).

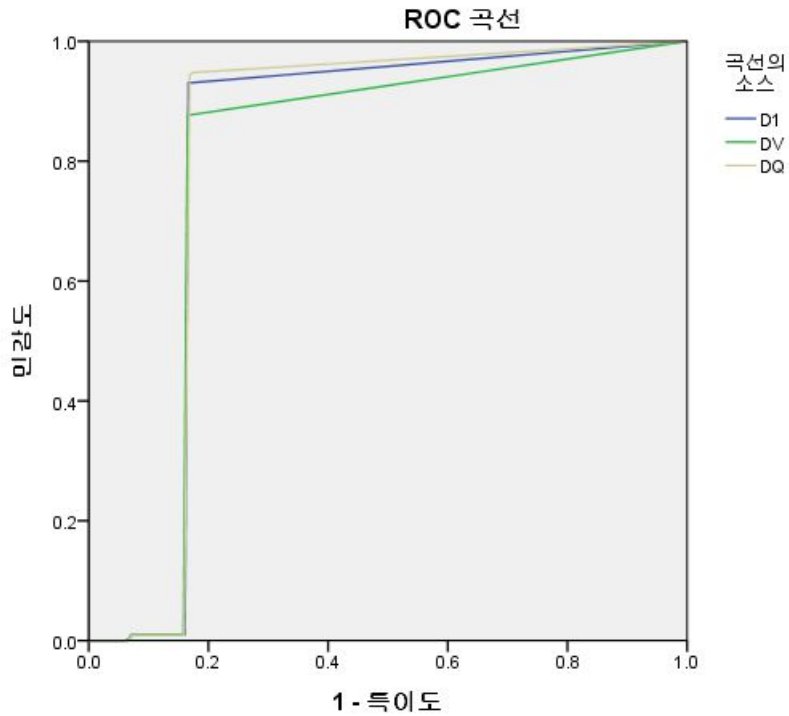


Fig 5. ROC curve of filling body detection in examiner D

Table 11. ROC curve analysis of filling body detection in examiner D

Test variables	Result area under ROC-curve	Standard Error	Significance	95% Confidence interval	
				Lower	Upper
D1	0.808	0.006	<0.001	0.796	0.820
DV	0.787	0.007	<0.001	0.774	0.801
DQ	0.815	0.006	<0.001	0.804	0.826

고 안

구강건강 역학조사에서의 치아검사는 일반적인 질병 위험요인의 선별검사와는 다르게 치아의 상태를 정확히 판별해야할 뿐만 아니라, 치아우식증과 같은 구강질환의 발생 여부를 결정하는 진단 행위를 동반하게 된다. 따라서 치아 검사결과는 단순히 질병의 발생 여부만이 아닌, 질병의 진행에 따라 변화하는 상태, 즉 치료필요 여부를 고려하여 결정하여야 한다. 이로 인하여 치아상태 조사는 조사자에 따라서 결과의 차이가 많이 나타나는 조사이기도 하다.

일반적인 구강건강 역학조사는 조사자가 직접 치과용 진료기구를 이용하여 치아 혹은 치주상태를 관찰하고 이를 별도의 과정을 통해 집계하여 결과를 보고하는 형식으로 진행된다. 대규모의 역학조사인 경우에는 1명의 조사자가 조사를 완료할 수 없기 때문에, 여러 명의 조사자가 참여하는 경우에는 조사의 타당도와 신뢰도를 확보하기 위하여 조사자들이 동일한 조사 기준을 적용하여 조사자 간의 오차를 줄이고, 조사자 스스로도 조사기준을 일관적으로 적용할 수 있어야 한다. 그러나 구강을 직접 관찰하는 구강건강 역학조사는 인간의 감각기관을 이용할 수밖에 없고, 여러 명의 조사자가 참여하는 경우에는 조사자 간에 판단하는 질병상태에 차이가 있을 수밖에 없기 때문에, 다른 역학조사에 비하여 타당도와 신뢰도가 상대적으로 낮은 것이 사실이다. 특히 구강건강 역학조사가 치과용 유니트 체어와 조명이 적절하게 갖추어진 상태에서 진행되는 경우에는 이러한 오차를 줄일 수 있으나, 구강건강 역학조사가 조사대상자가 생활하는 공간에서 이루어지는 경우가 많아 이러한 상태에서는 조명 혹은 압축공기를 적절하게 활용하지 못하거나, 조사자가 치아를 검사하는 자세가 불완전하기 때문에 오차는 더 많이 발생한다.

치아검사에서 관찰되는 혼한 오류는 우식 와동의 형성여부에 대한 판단 차이로, 세계보건기구 치아검사 결과에서 0과 1을 판별하는 과정이다. 치아우식증은 대표적인 만성질환으로서 오랜 기간 동안 서서히 진행하기 때문에, 어느 한 시점에서 치아우식증의 진행여부를 판단하는 것은 쉽지 않다. 특히

치아우식증의 발생 여부는 흔히 치료 필요와 연계되기 때문에 조사자 개인 경험이나 치료에 대한 철학의 차이로 인하여 조사자 간에 차이가 많이 발생한다. 반대로 경험이 많지 않은 조사자는 육안으로는 잘 관찰되지 않으나 명백하게 발생한 우식 와동을 발견하기가 어려운 경우가 많이 있다. 이러한 오차는 명확하게 서술된 조사기준과 조사자 교육훈련을 통하여 감소하는 것으로 알려져 있다. 그럼에도 불구하고 여러 명의 조사자가 포함된 구강건강역학조사에서는 조사자간 오차가 적지 않게 발생하고 있다²²⁾.

치아 상태를 측정하는 조사과정에서 치아우식증을 판별하는 과정뿐만 아니라 수복물을 판별하는 과정에서도 오차가 많이 발생하고 있다. 특히 과거에 비하여 치아 색과 흡사한 심미수복물을 사용하는 사례가 급증하고 있으며, 이로 인하여 육안 검사 시에 조명이 충분하지 못한 경우에는 치아색의 심미수복물을 정확히 판별하지 못하여 치아우식증 발생 정도를 과소평가할 가능성이 높아지고 있다.

구강건강역학조사를 진행하는 데에 겪게 되는 또 다른 어려운 점은 엄격한 조사자 교육훈련을 받은 조사자가, 조사대상자가 생활하는 현장으로 직접 방문하기 위한 시간과 비용이 많이 소요된다는 점이다. 특히나 조사자의 수가 제한된 경우에는 이러한 문제점이 조사계획 자체를 어렵게 하는 걸림돌이 된다. 따라서 이러한 시간과 비용의 문제를 해결하면서도 조사결과의 질적 수준을 유지할 수 있는 조사방법을 도입할 필요가 있는데, 대안으로 치아상태의 진단을 보조하는 광학기기를 활용하는 방법이 있을 수 있다.

치아의 상태를 진단하는 여러 가지 장비들이 도입되어 치아우식증 진단에 활용되고 있는데, 최근 여러 영역에서 많이 사용되는 장비가 바로 QLF이다. QLF는 치아 표면의 무기질 소실량을 정량화하여 초기우식증을 진단하는 데에 탁월한 기능이 있는 것으로 알려져 있는데, 최근에는 Porphyrin과 반응하여 붉은색 형광을 반사함으로써 숨겨진 우식와동 혹은 오래 축적된 치면세균막을 탐지하는 기능도 확인되고 있다. 이를 임상진료에 이용하기 위하여 최근에는 기능이 단순화된 캡코더 형태 QLF 장비도 개발되었다. 특히 이러한 장비는 치아의 상태를 촬영할 수 있을 뿐만 아니라, 동영상으로도 촬영이 가능하여 치아의 상태를 저장할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 이러한 치아우

식증 장비를 활용할 경우, 역학조사 현장에서 바로 치아우식증 상태를 진단할 필요 없이 치아의 상태를 기록하여 저장할 수 있고, 이러한 이미지를 이용하여 복수의 역학조사 전문가가 치아 상태를 중복하여 판별할 수 있으며, 육안으로 쉽게 관찰할 수 없는 수복물과 우식와동의 상태를 QLF에서 조사하는 405 nm 청색광으로부터 반사되는 이미지를 이용하여 판별함으로써 치아 검사의 정확성을 더 높일 수 있을 것으로 생각되어 본 연구를 계획하게 되었다.

본 연구에서 활용한 QLF 장비인 큐레이캠은 실험실 연구뿐만 아니라 실제 환자 진료시에도 치아 표면의 무기질 소실량과 porphyrin의 양을 정량화 할 수 있도록 이미지 분석 소프트웨어를 갖추고 있으며, 이 소프트웨어를 통해 환자의 치아 표면을 가시광선 및 405 nm 청색광을 조사한 상태에서 촬영하여 저장할 수 있는 장점이 있다. 이러한 장점을 역학조사에서 활용하는 것이 가능한 지 판단하기 위하여, 본 연구에서는 조사자가 직접 치아를 관찰한 결과와 이 장비를 이용하여 촬영한 이미지(동영상 혹은 정지 화상)만을 보고 판별한 치아상태의 오차를 분석하여 실제 역학조사에 큐레이캠™을 활용하는 것이 유용한 지를 검증하고자 하였다(Fig 1).

이번 연구에 참여한 조사자는 실제로 역학조사에 참여한 경험이 있는 전문가와 그렇지 않은 비전문가로 구성하여, 비전문가도 유용하게 활용할 수 있는지를 확인하고자 하였다. 다만 치아검사를 판별하는 기준은 일반적인 역학조사 기준을 준용하여야 하기 때문에 비전문가도 역학조사 기준을 충분히 숙지한 상태에서 조사에 참여하였다. 또한 큐레이캠으로 촬영된 이미지를 판독하는 훈련을 반복하여 치아우식증, 수복물 및 기타 치아의 상태를 능숙하게 판단할 수 있는 상태에서 이미지를 판별하도록 하였다.

본 연구에서 각 조사자별 치아검사 일치도를 산출하기 위한 황금기준(gold standard)은 역학조사 전문가의 조사결과를 기준으로 하지 않고, 조사자 두 명이 조사한 치아검사 결과와 큐레이캠으로 촬영된 이미지를 판별한 결과 등을 종합하여 결정하였는데, 이는 역학조사 전문가가 일으킬 수 있는 오차로 인하여 일치도 산출에 오류가 발생하는 것을 줄이기 위함이었다. 이를 위해서 조사자 간 혹은 조사자 내에 차이가 있었던 치아검사 결과는 촬영

된 영상을 수차례 반복하여 관찰함으로써 두 명의 조사자가 일치된 결과를 얻은 후 그 결과를 황금기준으로 결정하였다.

Table 1 내지 6에서 나타나는 바와 같이 조사자 2명이 직접 육안으로 조사한 치아검사 결과의 일치도는 황금기준과 거의 완벽한 상태로 일치하였다. 이와 함께 큐레이캠으로 가시광선이 조사되는 조명을 이용하여 촬영한 동영상 혹은 사진만을 보고 판별한 치아의 상태도 역학조사에 적합한 수준이었다. 실제로 촬영된 치아는 장비에서 조사되는 매우 밝은 조명하에서 촬영되었기 때문에 치아상태를 구분하기에는 어려움이 없었다. 그리고 치아상태를 판별하기 모호한 경우에는 여러 장의 사진을 이용하여 구분하거나, 동영상인 경우에는 다양한 각도에서 촬영한 화면을 장시간에 걸쳐 관찰하였기 때문에 실제 치아의 상태와 상당한 일치도를 나타낸 것으로 생각된다.

가시광선을 조사하여 촬영된 이미지만을 보고 판별한 결과보다 가시광선 조사 화상을 관찰한 후, 추가로 405 nm 청색광을 조사하여 반사된 이미지를 촬영한 화상을 관찰하였을 때 일치율이 더 상승하였고, 치아상태를 육안으로 직접 치아를 관찰한 결과와 유사한 수준이었다. 이러한 현상은 역학조사 전문가와 비전문가 모두에서 나타났는데, 이는 가시광선 이미지에서 쉽게 알 수 없는 우식와동이나 수복물을 청색광에서 더 용이하게 관찰할 수 있었기 때문으로 판단된다. Table 2와 Table 3을 비교하여 보면 역학조사 전문가가 실제 우식증이 발생하거나, 수복물이 존재하지만 건전치아로 판정한 치면의 수가 가시광선을 조사하여 촬영한 영상을 판별하였을 때에는 각각 10면과 101면이었으나 청색광을 조사하여 촬영한 영상을 이용하여 판별한 경우에는 각각 4면과 48면으로 감소하여 민감도가 증가한 것을 알 수 있다. 이러한 양상은 육안으로 관찰한 양상과 큰 차이가 없었고, 전체적인 일치도에서도 차이가 없었다. 이러한 결과는 비전문가에서도 유사한 양상으로 나타나고 있기 때문에 직접 육안으로 치아를 검사하지 않아도 큐레이캠 장비로 촬영한 치아상태를 판별하는 것이 유사한 결과를 나타낸다고 판단된다. 이는 QLF의 특성을 초기우식증의 정량화가 아닌 우식와동 판별과 수복물의 존재를 판별하는 데에 활용하였기 때문으로 생각되는데, 초기우식증의 경우 치아표면의 명암변화(주로 회색)로 나타내는데 비하여, 우식와동이나 수복물은 명확히 구별

되는 색으로 표현되기 때문에, 촬영된 이미지를 보았을 때 실제 육안으로는 잘 구분되지 않은 상태도 쉽게 판별할 수 있기 때문으로 생각된다.

우식와동의 판별능력은 ROC 곡선을 통해서 더 자세히 분석할 수 있는데, 육안으로 조사한 결과보다 큐레이캠 이미지를 판별하였을 때의 진단력이 통계적으로 유의하지는 않지만 좀 더 높아졌음을 알 수 있었다(Fig 2 및 3). 수복물의 경우에는 육안으로 조사한 결과와 유사하거나 약간 높은 수준이어서 큐레이캠 장비를 활용한 경우의 진단력이 실제 육안으로 검사한 경우와 차이가 나지 않았다.

이렇게 역학조사에 진단장비를 활용한 사례는 아직 보고된 바 없어 다른 연구와 연구결과를 직접적으로 비교하기는 어려우나, 교정환자에서 구강카메라를 이용하여 측정된 치아의 상태의 신뢰도가 높았다는 연구²³⁾도 있으며 Fluorescence Imaging with Reflectance Enhancement (FIRE) 장비를 이용하여 초기우식증을 평가하였을 때 비디오 혹은 정지 화상을 이용하여 검사한 결과도 유의미하게 향상되었다는 연구도 있다²⁴⁾.

Forgie 등²⁵⁾은 비디오 촬영 기능이 있는 치아검사 결과로 민감도가 높아졌지만, 위양성 병소의 수가 증가하는 양상이 있다고 보고하였는데 이는 본 연구에서도 비슷한 현상이 관찰되었다. 이러한 위양성의 증가 현상은 우식와동과 열구의 착색이 명확하게 관찰되지 않는 QLF의 특성 때문인데 이러한 단점은 이미지 분석 프로그램을 이용하거나, 가시광선 이미지와의 교차 판별을 통해 보완할 수 있으리라 생각된다. 그럼에도 불구하고 Boersma 등²⁶⁾은 교정치료 후 장치 주위 우식증을 판별하는 능력이 QLF가 더 높다고 보고하였고, Pereira 등²⁷⁾은 시각검사 외에 QLF와 같은 광학장비 및 전기저항을 이용한 우식진단기구를 이용하였을 때 수복치료 결정을 위한 치아검사의 타당도가 더 상승하였다고 보고하여 초기우식 뿐만 아니라 와동형성 여부를 판단하는 데도 도움이 되는 것으로 판단된다. 다만 위양성을 줄이기 위해서는 역학조사시에 우식와동으로 판별하는 무기질 소실량에 대한 cut-off 점을 적절하게 결정하여 조사시에 활용하는 방법으로 보완할 필요가 있겠다. 구체적인 수치는 아니지만, Kühnisch 등²⁸⁾은 QLF의 ΔF 값을 이용하여 충전이 필요한 치면을 결정하는 방법을 제안한 바 있어 이에 대한 추가적인 연구가 필

요하다고 생각된다.

본 연구는 역학조사의 조사자가 아닌 일반적인 보건인력이 조사대상자의 큐레이캠으로 치아상태를 촬영한다는 조건으로 연구를 진행하였는데 실제 조사결과와 일치도는 육안으로 관찰한 것과 거의 차이가 없는 것으로 판단된다. 추가적인 연구가 진행되어야 하겠지만 구강건강 역학조사에서 조사자가 직접 조사 현장을 방문하지 않아도 되는 상황이 가능한 경우, 역학조사 환경이 상당히 변화할 수 있다. 조사대상자의 개인정보가 보호된다는 조건하에서 조사자는 촬영된 영상과 이미지를 이용하여 조사시간 외에도 치아검사 결과를 도출할 수 있으며, 조사 시간의 제약이 없으므로 충분한 시간을 활용하여 치아검사를 할 수 있을 것이다. 또한 조사자가 현장을 방문하지 않기 때문에 출장에 소요되는 경비와 시간을 줄일 수 있다. 이를 통해 조사대상자의 수를 좀 더 충분하게 확보할 수 있다는 장점이 있다.

또한 촬영된 이미지는 1명의 조사자가 아닌 복수의 조사자가 동시에 판별할 수 있는 기회가 만들어지기 때문에 조사자의 치아검사 오류를 줄여 조사 결과의 질적 수준을 높일 수도 있다. 본 연구에서 조사자가 두 명인 경우에도 조사자 간에 치아상태 판독에 차이가 있는 경우 촬영된 영상 혹은 이미지를 확인하여 토의를 통해 실제 상태를 결정할 수 있었기 때문에 실제 역학조사에서의 결과 오차를 줄이는 데에 도움이 될 수 있으리라 생각된다.

다만 이러한 조사가 대규모로 이루어지기 위해서는 비교적 고가인 장비를 다수 확보해야 한다는 단점이 있다. 그리고 치아상태를 정밀하게 판정할 정도로 촬영자의 촬영 기술이 능숙해야 한다. 또한 촬영 기술이 능숙할수록 조사대상자 1인당 촬영시간이 감소하기 때문에 단위 시간당 많은 수의 조사대상자를 조사할 수 있으며, 전체 조사기간과 비용을 줄일 수 있을 것이다. 본 조사에서 연구성적으로 도출하지는 않았지만, 조사대상자가 적극 협력할 경우 치아상태를 가지광선 조사 및 405 nm 청색광을 조사하여 촬영하는 데에 소모되는 시간은 대략 8~10분 정도로 추산되었다. 이러한 시간은 실제 비전문가가 치아검사를 하는 시간보다도 길고, 전문가가 치아만 검사할 때 소요되는 시간보다 더 길다. 장비가 안정적으로 운용되고 촬영자가 능숙한 경우에는 좀 더 시간을 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

큐레이캠을 촬영할 때에 1인이 전적으로 촬영하기는 어렵고, 보조요원이 필요하다. 또한 일반 진료용 치경보다 크기가 크거나, 넓은 형태의 거울이 있어야 넓은 치면을 한꺼번에 촬영할 수 있으며, 뺨과 입술을 당길 수 있는 도구가 있어야 시야를 확보할 수 있기 때문에 이러한 도구를 조사대상자 수만큼 준비하여야 한다. 그리고 거울을 사용하는 경우에는 거울에 입김이 서릴 수 있기 때문에 김서림 방지제나 압축공기를 이용하여 표면의 수분을 없애야 한다. 어린이인 경우에는 촬영을 힘들어하거나 촬영하기 위한 적절한 공간이 없어 촬영시간이 길어질 수도 있다. 그리고 치아 표면에 이물질이 묻어 있으면 정확한 치면을 판별하기가 힘들기 때문에 촬영 전에 잇솔질 등으로 이물질을 제거하도록 해야 효과적으로 판별할 수 있다. 그리고 판독시에는 탐침과 같은 촉감을 이용한 검사를 할 수 없기 때문에 와동 형성여부를 정확하게 파악하기는 힘들다.

본 연구는 초기우식증이 아닌 수복이 필요한 치아와 수복물을 판별하는 데에 중점을 두고 연구를 진행하여 큐레이캠 장비의 특성을 이용하기 보다는 이미지 영상 저장과 이를 활용하는 방법에 좀 더 초점을 두었기 때문에 다양한 상태의 연구대상자를 모집하지 못하고, 젊은 성인을 위주로 연구를 진행하였다는 단점이 있다. 특히 성인 조사에서는 치아우식증 뿐만 아니라 치주 질환도 중요한 조사항목인데 큐레이캠으로는 치은의 염증 발생여부와 치은연상 치석을 판별하는 데는 유용하지만 치주낭 형성여부는 알 수 없기에 사용하기에는 아직 적합하지 않다. 반면에 치주조사를 육안으로만 진행하는 18세 이하의 연령대에서는 치아검사를 하는데 유용하게 사용될 수 있으리라 예상되므로 추가로 어린이와 청소년을 대상으로 유용성을 평가할 필요가 있다고 생각되었다. 아울러 본 연구의 목적이 큐레이캠 사용의 효용성을 평가하는 것이기 때문에 촬영하는 데에 소용되는 시간 혹은 필요한 기구들 등 투입되는 자원에 대한 체계적인 검토가 필요하나 이러한 부분은 조사항목에 빠진 점은 분명한 한계점인 것으로 생각된다. 아울러 조사대상자의 치아건강 상태가 비교적 양호하여 우식증을 판별하기 위한 치아수가 많이 부족한 점도 보완해야 할 것으로 생각되었다. 본 연구에서는 총 2명의 조사자가 연구과정에 참여하였으나, 조사자의 특성에 따른 효용성을 분석하기 위해서는 다양한 특

성을 보유한 여러 명의 조사자를 대상으로 한 일치도 분석을 통하여 효용성을 평가할 필요가 있다고 판단된다.

이러한 한계점 및 단점들을 극복하여 진단장비를 이용한 최적화된 조사환경을 조성한다면 구강건강 역학조사의 질을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

결 론

본 연구는 구강건강 역학조사의 조사항목인 치아검사 시에 육안검사 외에 가시광선 및 405 nm의 청색광을 조사하여 반사되는 이미지를 촬영하고, 이를 판독한 결과를 황금기준과 비교하여 일치도를 구하기 위해 수행되었으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 역학조사 전문가와 비전문가 모두 육안검사, 큐레이캠으로 가시광선을 조사하여 촬영한 이미지를 판독한 검사 및 405 nm 청색광을 조사하여 촬영한 이미지를 판독한 검사결과는 황금기준과 높은 일치도를 보였다.
2. 역학조사 전문가와 비전문가 모두 가시광선 이미지 판독결과보다 가시광선 이미지를 판독한 후 추가로 405 nm 청색광을 조사한 이미지를 판독하였을 때 일치도가 상승하여, 직접 육안으로 관찰한 결과와 유사한 수준이었다.
3. 연구대상자의 치아우식증을 진단하는 정확도는 육안으로 관찰했을 때보다 가시광선 이미지를 판독한 후 추가로 405 nm 청색광을 조사한 이미지를 판독하였을 때 더 높아졌다.
4. 연구대상자의 수복물 존재 여부를 판별하는 정확도는 가시광선 이미지를 판독한 후 추가로 405 nm 청색광을 조사한 이미지를 판독하였을 때 직접 육안으로 관찰한 결과와 유사하였다.

이와 같은 결과를 종합할 때 큐레이캠 장비를 이용한 치아검사 방법은 연구대상자의 치아를 직접 관찰하여 조사한 결과와 유사하였으며, 치아우식증과 수복물을 판별하는 데에 우수한 능력이 있음을 확인하였다. 이러한 결과를 바탕으로 구강건강 역학조사에 장비를 도입함으로써 조사방법을 개선하고 질적 수준을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Sridhar N, Tandon S, Rao N. A comparative evaluation of DIAGNOdent with visual and radiography for detection of occlusal caries: an in vitro study. *Indian J Dent Res* 2009;20:326-331.
2. Shi XQ, Tranaeus S, Angmar-Månsson B. Comparison of QLF and DIAGNOdent for quantification of smooth surface caries. *Caries Res* 2001;35:21-26.
3. Akarsu S, Köprülü HJ. In vivo comparison of the efficacy of DIAGNOdent by visual inspection and radiographic diagnost techniques in the diagnosis of occlusal caries. *J Clin Dent* 2006;17:53-58.
4. Costa AM, Bezzerra AC, Fuks AB. Assessment of the accuracy of visual examination, bite-wing radiographs and DIAGNOdent on the diagnosis of occlusal caries. *Eur Arch Paediatr Dent* 2007;8:118-122.
5. Goel A, Chawla HS, Gauba K, Goyal A. Comparison of validity of DIAGNOdent with conventional methods for detection of occlusal caries in primary molars using the histological gold standard: an in vivo study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2009;27:227-234.
6. Schneiderman A, Elbaum M, Shultz T, Keem S, Greenebaum M, Driller J. Assessment of dental caries with Digital Imaging Fiber-Optic TransIllumination (DIFOTI): in vitro study. *Caries Res* 1997;31:103-110.
7. 맹명호, 김종수, 김승오. Digital Imaging Fiber-optic

- Trans-Illumination과 Laser Fluorescence를 이용한 법랑질 우식증의 조기진단에 관한 비교 연구. 대한소아치과학회지 2006;33:207-220.
8. 황규선, 김종수, 유승훈. Digital Imaging Fiber-optic Trans-Illumination과 Laser Fluorescence를 이용한 평활면 초기우식증의 재광화에 관한 비교연구. 대한소아치과학회지 2007;34:183-191.
 9. 김종빈, 김종수, 유승훈 등. DIFOTI 영상 최적화를 위한 광량에 대한 연구. 대한소아치과학회지 2010;37:13-23.
 10. 이창근, 김종수, 유승훈. Quantative light-induced fluorescence를 이용한 법랑질 탈회속도에 관한 비교연구. 대한소아치과학회지 2004;31:506-515.
 11. 이혁상, 현홍근, 장기택. QLF(Quantative light-induced fluorescence)를 이용한 글라스 아이오노머 수복물의 인접면 우식 재광화 효과에 관한 연구. 대한소아치과학회지 2011;38:244-249.
 12. Gmür R1, Giertsen E, van der Veen MH, de Josselin de Jong E, ten Cate JM, Guggenheim B. In vitro quantitative light-induced fluorescence to measure changes in enamel mineralization. Clin Oral Investig 2006;10:187-195.
 13. Stookey GK. Quantitative light fluorescence: a technology for early monitoring of the caries process(Review). Dent Clin North Am 2005;49:753-770. vi.
 14. Pretty IA, Pender N, Edgar WM, Higham SM. The in vitro detection of early enamel de- and re-mineralization adjacent to bonded orthodontic cleats using quantitative light-induced fluorescence. Eur J Orthod 2003;25:217-223.
 15. Ando M, Hall AF, Eckert GJ, Schemehorn BR, Analoui M, Stookey GK. Relative ability of laser fluorescence

- techniques to quantitate early mineral loss In vitro. *Caries Res* 1997;31:125-131.
16. Gomez J, Tellez M, Pretty IA, Ellwood RP, Ismail AI. Non-cavitated carious lesions detection methods: a systematic review. *Community Dent Oral Epidemiol* 2013;41:54-66.
 17. 김백일. QLF의 원리와 임상적 활용. *대한치과의사협회지* 2011;49:443-450.
 18. Pretty IA. Caries detection and diagnosis: novel technologies. *J Dent* 2006 ;34:727-739.
 19. Feng Y, Yin W, Hu D, Zhang YP, Ellwood RP, Pretty IA. Assessment of autofluorescence to detect the remineralization capabilities of sodium fluoride, monofluorophosphate and non-fluoride dentifrices. A single-blind cluster randomized trial. *Caries Res* 2007;41:358-364.
 20. World Health Organization. Oral health survey, Basic methods 5th ed. 2013 World Health Organization Press, Geneva, Switzerland.
 21. 질병관리본부. 국민건강영양조사 제6기(2014) 구강검사 지침서. 2014. 보건복지부.
 22. Rosén B, Birkhed D, Nilsson K, Olavi G, Egelberg J. Reproducibility of clinical caries diagnoses on coronal and root surfaces. *Caries Res* 1996;30:1-7.
 23. Gholston LR. Reliability of an intraoral camera: utility for clinical dentistry and research. *Am J Orthod* 1984;85:89-93.
 24. Amaechi BT, Chedjieu I, Lozano-Pineda J. Clinical

- evaluation of an enhanced white light and fluorescence device for early detection of caries lesions. *J Clin Dent* 2013;24:43-48.
25. Forgie AH, Pine CM, Pitts NB. The assessment of an intra-oral video camera as an aid to occlusal caries detection. *Int Dent J* 2003;53:3-6.
26. Boersma JG, van der Veen MH, Lagerweij MD, Bokhout B, Prahl-Andersen B. Caries prevalence measured with QLF after treatment with fixed orthodontic appliances: influencing factors. *Caries Res* 2005;39:41-47.
27. Pereira AC, Eggertsson H, Martinez-Mier EA, Mialhe FL, Eckert GJ, Zero DT. Validity of caries detection on occlusal surfaces and treatment decisions based on results from multiple caries-detection methods. *Eur J Oral Sci* 2009;117:51-57.
28. Kühnisch J, Ifland S, Tranaeus S, Angmar-Månsson B, Hickel R, Stösser L, Heinrich-Weltzien R. Establishing quantitative light-induced fluorescence cut-offs for the detection of occlusal dentine lesions. *Eur J Oral Sci* 2006;114:483-488.