2018 현대사진영상학회 논문집

비가시광선을 이용한 초기 우식진단기 개발에 관한 연구

A Study on Development of Early Dental Diagnosis System Using Invisible Light

주종우* Joo, Jongwoo

목 차

I. 서 론
1. 용어정리
2. 선행연구

II. 이론적 근거 및 가설
1. 이론적 근거
2. 선행실험
3. 가설

III. 실험 및 결과
1. 연구재료
2. 연구 및 결과

IV. 논 의

V. 결 론

* 제1저자 : 중앙대학교 공연영상창작학부 사진전공 조교수

www.kci.go.kr

Abstract

Dental caries is a disease in which the minerals are released due to acid released by the bacteria as a metabolite in the tooth surface of the tooth surface, and the enamel and dentin of the tooth surface are gradually eroded and the vortex is formed.
Dental caries is thought to be a less serious disease than life-threatening systemic disease, but if you miss the initial treatment period, the damage from permanent tooth damage will be very large. In addition, they generally do not go to the dentist until the pain is triggered, and it is difficult for infants to be found even earlier. Therefore, this study, which can identify early caries by the general public, may be helpful for infants. The results of this study will be the cornerstone of the production of low - cost early carcinoma diagnostic devices that ordinary people can possess.

key word : Digital camera, Infrared, Caries, Dental, Diagnosis

A Study on Development of Early Dental Diagnosis System Using Invisible Light

Joo, Jongwoo
Assistant Professor
School of performing Arts and Media, photography major, Chung-Ang Univ.

www.kci.go.kr

I. 서론

치아우식증은 치아 표면의 치면세균막에서 세균이 탄수화물 분해과정에서 발생하는 산으로 인해 무기질이 이탈되어 치아표면의 법랑질과 상아질이 침식되어 와동이 형성되어가는 질병이다. 이러한 치아우식증은 생명을 위협하는 전신질환과 비교하면, 심각하지 않은 질환이라 판단할 수 있다. 그러나 영구치아의 손상피해는 매우 크다. 일반적인 초기우식은 통증이 유발되지 않으므로 조기에 발견하기 힘들다. 특히, 유아의 경우에 조기발견이 더욱 어렵다.

우식은 진행되면 파괴된 치아조직의 치료가 불가능하므로 조기에 진단, 치료하는 것이 매우 중요하며, 조기진단의 시기도 중요하다. 그러므로 빈번한 자가 진단이 필요하다. 그러나 현재는 병원에 가지 않으면 조기진단이 거의 불가하며, 조기진단장비가 없으면 병원에서도 불가능하다. 초기 우식증의 조기발견 시 와동이 형성되지 않은 치면을 수복시술 없이 재광화 할 수 있는 가성이 크며, 와동형성의 위험성을 감소시킬 수 있다.

본 연구는 유아의 초기우식을 조기에 발견하기 위한 자가진단 기기개발에 목적이 있으며, 진단장치 및 방법에 관한 연구이다. 그러므로 개발된 기기는 일반인이 자가진단 가능한 수준의 방법과 결과물이어야 하며, 개인이 구입 가능한 수준의 금액이어야 한다. 본 연구는 우식치아를 조기 발견하는 방법에 관한 연구가 아니며 기존 연구들의 결과를 바탕으로 촬영법의 간소화 및 결과 제작방법의 전환에 그 의미가 있다. 그래서 본 상용이미지센서를 사용하여 가격을 낮추고 자가진단이 가능한 이미지로 결과물을 제작할 것이다. 현재 초기 우식증을 조기 발견하는 기기들은 매우 고가이며, 대형병원에서 한정적으로 보유하고 있어 본래의 기능인 초기우식발견에는 거의 사용을 하지 못하고 있다.

1. 용어정리

-법랑질, 상아질

치아의 4대 주요 기관 중(법랑질(tooth enamel), dentin(상아질), cementum(백악질), 치수(pulp)) 하나로 눈에 보이는 치아의 하얀색 바깥 부분을 일컫는다. 치아를 외부의 압력, 온도로부터 보호하는 기능을 한다. 치아의 가장 바깥 부분을 이루는 물질로, 인체 조직중에서 가장 단단하고 하얀 빛을 띤다. 영어로는 enamel(에나멜)이라고 하는데 치아를 외부온도와 충치로부터 보호하는 역할을 한다. 법랑질은 주로 미네랄(96%)과 무기질로 이루어져 있고, 당분 등으로 인한 충치 우식으로 한 번 없어지면 다시는 재생되지 않는다 (https://namu.wiki/w/법랑질).



그림 1. 치아의 구조 (https://namu.wiki/w/법랑질)

-와동

손상된 치아구조와 우식유발세균 그리고 기존 수복물을 기계적으로 삭제 또는 제거하여 형태적, 기능적, 심미적으로 수복할 수 있도록 치아구조를 변형하는 작업을 와동형성이라고 하며 이를 통해 형성된 것을 와동이라 한다. (http://contents.kocw.or.kr/KOCW/document/2015/shinhan/yoonmisook/3.pdf)

www.kci.go.kr



그림 2. 와동의 종류(치과보존학의 원리와 임상, 2013)

2. 선행연구

치아가 자외선에 노출되면 형광을 낸다는 것이 Stubel과 Benedict에 의해 알려지면서 치아우식증 진단 연구에 쓸모가 있을 것이라고 생각되었다[1], [2]. 대부분의 유기화합물 및 약간의 무기화합물에서는 자외선을 조사시킨 방사에너지를 흡수하여 매우 짧은시간(10^{-9}~10^{-6} sec) 동안 여기분자로 되는데 시료가 기저상태(안정 상태)에서 여기상태(불안정상태)로 상태전이가 발생되거나 다시 시료가 안정 상태로 되돌아가기 위해서는 받아들인 에너지를 형광에너지 형태로 방사하고 시료 자신은 본래의 안정 상태를 유지한다. 그러나 우식치아에서는 시료가 자연발생 되어 형광에너지로 방사된다. Hartles와 Leacer은 소량으로 존재하는 유기물은 pyrimidine(피리미딘)[1]- containing meieties가 부분적으로 원인일 것이라고 생각하였고, Armstrong은 형광이 아미노산, peptide(펩티드) 혹은 pyrimidine 화합물 때문이 아니라 무기물에 의한다고 주장하였다[3], [4], [5]. Mancewicz와 Hoeman는 법랑질 분말을 이용하여 형광을 연구하면서 자외선을 흡수하는 것은 [2]tyrosine(티토신)이나 [3]typtophan(트립토판)만으로는 설명되지 않고 tyrosine, tryptophan 그리고 정확히 규명할 수 없는 형광체 등에 의한다고 주장하였음[6]. Spitzer와 ten Bosch은 tryptophan이 법랑질에 존재하는 것에는 주목하였지만 형광은 정확히 알 수 없는 유기물에 의한다고 생각하였고 Hefferren등은 형광은 어떤 한 종류의 형광체에 의한 것 보다는 생체조직 내에 있는 다른 형광체들의 상호작용에 의한 것이라고 생각하였음[7]. 앞에서 언급한 것과 같이 적외선을 조사하였을 때 형광을 내는 물질에 대해서는 정확한 연구결과가 발표되지 않았다. 김형성 등은 이는 새로운 레이저 형광측정기술을 사용한 Diagnodent와 탐침을 사용하는 일반적인 시진법 및 일반적인 방사선 촬영방법 이 세 가지 방법간의 상관관계를 측정하여 Diagnodent검사법은 초기우식증 검사에 있어서 민감도가 매우 높은 것으로 보고하였음[8], [9]. 이그리미(2014)는 '근적외선 극초단파 펨토초펄스 레이저 기반 탈회 이미징 시스템은 우수한 탈회 및 크랙의 진단민감도, 소형의 부피, 시스템의 안정성 및 운용의 용이성, 눈에의 안전성등의 성능을 고려할 때, 향후 임상에의 적용 가능성이 매우 높다고 판단' 하였다. 대부분의 의학 분야에서는 각종 진단 장비를 이용하여 객관적인 근거를 확보한 뒤 진단을 내리는 과정이 일반적이다. 김백일 등(2013)은 유독 치의학에서

1) 피리미딘《마취성의 자극적인 냄새가 나는 결정의 덩어리》; 피리미딘의 유도체, 피리미딘 염기《DNA, RNA의 구성 성분》.
2) 티로신《대사(代謝)에 중요한 phenol성(性) α- 아미노산》.
3) 아미노산의 하나. 1890년 노이마이스터라는 학자가 트립신[1]을 분해하면서 발견하였다. 알라닌에 인돌기(-C=CHNHC6H4)가 붙은 형태로 정확히는 알라닌을 빼고 남은 인돌 부분이 특유의 악취를 만들어낸다(https://namu.wiki/w/트립토판).

www.kci.go.kr

만 이러한 진단 장비의 개발과 활용이 더디게 진행되어 왔으며, 배경에는 치의학의 뿌리가 이발 외과의사(barber surgeon)에서 비롯되어 가역적인 회복이 가능한 초기 병소의 탐지보다는 진행된 병소에 대한 재활(rehabilitation)치료에 중심을 두고 있었기 때문이라고 했다. 그러나 21세기에는 과거와는 달리 질병의 패턴이 크게 변화하고, 일반인들의 건강에 대한 관심이 증폭되면서 새로운 패러다임이 요구되고 있다. 즉, 다가오는 미래에는 기존에 치과계의 근간을 이루고 있는 외과적 모형(surgical model)이라는 패러다임에서 비외과적인 모형(non-surgical model)으로 급격한 변화가 이루어질 전망이라고 했다. 이를 위해서는 눈에 보이지 않는 초기 병소를 눈으로 볼 수 있게 도와주는 각종 첨단 진단장비가 필요하며, 본 연구도 이와 같이 인체에 무해하며, 안정적 시스템과 운용의 용이성, 소형의 부피로 초기 병소를 시각적으로 보여주는 연구가 진행될 것이다.

II. 이론적 근거 및 가설

1. 이론적 근거

1) Diagnodent

근래에는 형광 스펙트럼을 이용하여 우식을 탐지할 수 있는 기술이 개발되었다. 초기에는 자외선 방사선에 의해 자극된 치아의 시각적 관찰로 시작하여 다양한 형광성에 관한 연구가 건전 경조직을 비롯한 우식 경조직에서 수행되어, 우식부위에서 배출하는 형광성은 건전 조직과 다르다는 것이 알려졌다. 이러한 차이는 시각적 우식 탐지 기술에 사용될 수 있다. 이는 우식부위에서 특정 빛을 방출된다는 것에 근거한 것으로, 건전치아에서 방출하는 여기 파장의 최고점이 범랑질에서의 최고점과 일치하고, 우식부위에서 방출 스펙트럼은 붉은색으로 이동하는 점을 이용한 것이다. 일반적으로 488nm의 전자파를 사용하면 우식 손상 법랑질은 건전 법랑질에 비해 어둡게 관찰되나, 적외선 영역 근처의 655nm의 전자파를 사용하면 건전 경조직보다 우식 경조직에서 더 높은 형광방출이 일어난다[11]. 이러한 형광 스펙트럼을 이용한 우식 진단 기술로써, 독일 KaVo사에서 DIAGNODent라는 상품명으로 개발되었다. 655nm의 다이오드 레이저광에 의해 발생하는 형광을 탐지하는 Infrared Laser Fluorescence 시스템이다. 이는 2, 3차원의 영상을 제공하지 못하며 1차원의 디지털 수치와 소리만을 제공한다. 또한 재현력이 부족하고 오염이나 염색 등에 매우 민감한 것으로 나타난다[12]. 또한, Dental pen의 경우도 우식발생에 관여하는 박테리아에 의한 우식탐지와 정도를 계수화하여 보여주며, 특정의 재현성이 다소 낮고 측정 결과가 오염이나 채색에 큰 영향을 받는 단점이 있다. 이러한 이유로 실제 충치가 없는데 양성으로 판정하는 위양성률이 높다는 연구결과를 제시한 바 있다. 그래서 임상가들은 Diagnodent 결과에 전적으로 의존해서 치아를 삭제하지 말 것을 권고하고 있다[13].

2) 디지털 사진 촬영법

광학기술과 반도체 기술의 발전에 힘입어 디지털카메라의 성능이 빠르게 발전하고 있다. 디지털 카메라는 촬영 후 영상을 바로 확인할 수 있고 이미지를 저장할 수 있으며, 영구보관이 가능하다는 장점이 있다. Fried and Glena는 구강카메라가 초기우식진단에 유용하다고 보고한 바 있다. 이경철 등의 경우도 구강내 시진법으로 우식증을 진단하는 것과 디지털 사진을 보고 진단한 경우의 일치도가 0.8이상의 높은 일치률을 보인다고 하였다. 디지털 사

www.kci.go.kr

진촬영법에 의한 우식진단법은 사진촬영의 기술과 표준화가 이루어진다면 구강검진과 같은 집단 검진 시에 유용하게 적용될 수 있을 것이다[12]. 그러나 초기우식의 대부분은 치면에서 발생하는 것을 감안하면 디지털 카메라를 이용한 촬영은 용이하지 않은 것으로 보인다.

3) QLF(Quantitative Laser/Light Fluorescence)

Quantitative Laser/Light Fluorescence(QLF)는 Benedict가 건전치아와 우식이 형성된 치아 법랑질에 자외선을 조사한 후 반사되어 나오는 광의 특성이 다르다는 사실이 처음으로 보고된 이래 여러 가지 파장을 이용한 연구가 진행되었다[14], [15].

이 시스템은 아르곤 이온 레이저를 광으로 사용하거나 크세논 램프등을 광원으로 사용하여 우식 정도를 양적으로 측정할 수 있도록 형광 영상을 이용하는 방법으로 카메라를 통하여 형광 스펙트럼과 2차원 영상을 획득할 수 있다. 건전한 치아에서는 밝은 형광 배경의 영상이 관측되나, 치아우식증이 발생된 병소는 어두운 영상이 관측되어 치아우식 진단에 용이하며 양호한 진단 결과를 나타낸다. 치아에 특정범위의 빛을 쬐었을 때 관찰되는 형광은 autofluorescence(자가형광)와 dye-enhance fluorescence(염색형광)가 있으며 염색형광은 우식이 발생한 치아에 형광색소를 침투시켜 관찰하는 방법이 있다[12]. 구강내 카메라 형태여서 촬영된 영상의 해상도가 낮은 편이고, 전악을 촬영하는데 15-20분 이상 걸리기 때문에 임상 분야에서 폭넓게 활용하기에는 한계점들이 있었다. 최근 이러한 한계를 극복해서 임상에서 쉽게 사용할 수 있는 디지털 카메라 형태의 새로운 제품인 Quantitative Lightinduced Fluorescence-Digital(QLF-D, 이하 Q-ray system)가 출시되었다. 이 제품의 원리는 구강 내에 존재하는 세균이 분비하는 포피린(porphyrin)이 라는 대사산물에서 발생하는 붉은 색의 형광을 탐지하는 것이다. 구강 내에 오래된 바이오필름이 존재하면서 이들 중에서 산을 분비하는 세균총이 우세할 경우 치아표면에 광물질이 소실되면서, 충치가 발생하고, 바이오필름 석회화되면서 치주질환을 유발하는 균총이 우세한 쪽으로 변하게 되면 치주질환이 발생하게 된다. 그런데 두 질환 모두 오래된 바이오필름에서 유래되며, 이들 바이오필름에 405 nm의 Q-ray를 조사하게 되면 모두 붉은 색의 형광반응을 확인할 수 있다. 그러므로 Q-ray system을 사용할 경우 초기우식증(그림 3) 뿐만 아니라 인접면 우식증도 쉽게 확인할 수 있다.

4) UV레이저광을 이용한 치아우식증의 조기진단에 관한 연구

저출력 자외선 레이저가 초기에 발생된 미세한 치아우식증을 조기에 탐지할 수 있는 가능성을 확인인하기 위해 325nm UV레이저광을 사용, 스펙트럼을 비교하고 주사전자현미경과 공초점 주사현미경 관찰을 통하여 치아우식증이 발생된 치아의 형광 이미지를 비교하였다. 연구의 결과를 통해서 볼 때 325nm의 UV레이저광에 의해 발생되는 형광 스펙트럼을 치아우식증의 진단에 유용하게 활용될 수 있으리라 생각되며, 진단의 민감성이 높기 때문에 치아우식증의 초기 진단에 활용도가 클 것으로 판단되었다. 또한, 325nm의 excitation광에 의해서 건전한 치아에서는 400~450nm 사이에서와 625nm에서 peak형광 스펙트럼이 관찰되었다. 그러나 치아우식증이 진행될수록 400~450nm사이의 peak가 급격하게 감소되었다. 그에 비해 625nm에서의 peak는 둔하게 감소되었다. 뿐만 아니라 치아우식증이 진행될수록 형광 스펙트럼의 절대적인 intensity도 급격하게 감소하였다[16]. 연구의 결과는 우수하지만 현미경을 사용한 결과분석과 규격화된 결과물에 수치로 인해 전문지식 없이는 우식을 판단하기는 어렵다.

5) 형광(螢光, fluorescence)

www.kci.go.kr

형광은 빛을 흡수하는 성질을 말한다. 특정 파장의 빛을 특정 물질에 투사했을 때 방사되는 광선은 고유의 파장과는 다른 파장의 광선으로 바뀐다. 형광은 물질이 어떤 특정한 빛을 흡수하여 보다 긴 파장의 빛을 내놓은 과정에서 생긴다. 이러한 물질과 빛의 상호작용 특성을 치아우식증의 진단에 이용하려는 시도가 있어왔다. Alfano와 Yao, 그리고 Sundstrom 등은 다양한 자외선 그리고 가시광선의 레이저를 이용하여 발광되는 형광의 파장을 분석하였음.

2. 선행실험

건전치아와 우식치아의 투과정도를 파악하기 위해 LED 광원을 사용하여 보유하고 있는 필터와 동일한 파장영역의 촬영을 시행하였다. 선행실험을 통해 350nm의 LED를 사용한 결과물은 여러 파장으로 형광화되어 건전치아와 우식치아의 구별이 명확하지 않았으며, 모든 파장영역에서 초기우식부위는 희미한 수준으로 확인되었다[그림3참조]

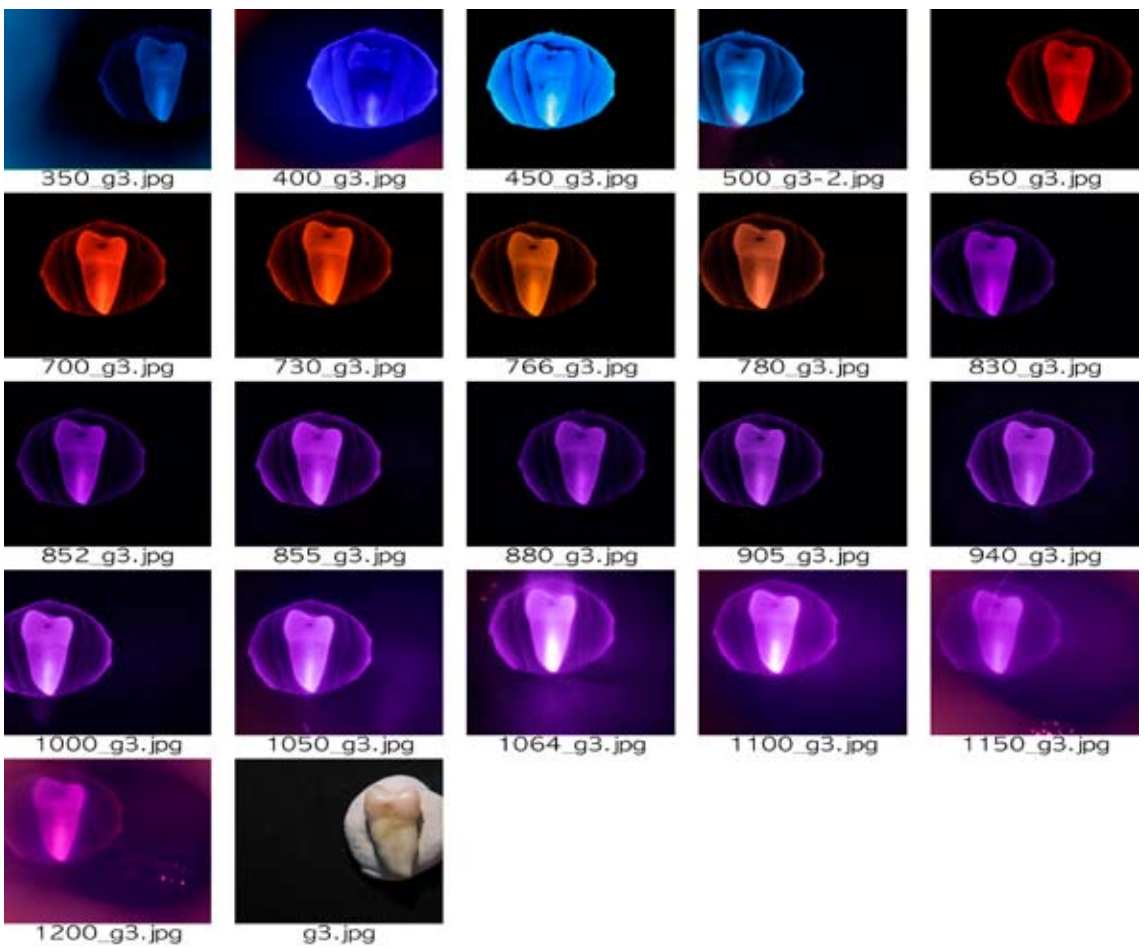


그림 3. 다양한 파장대의 치아사진(마지막사진은 가시광선조명임)

3. 가설

기존연구들은 특정파장레이저를 사용하여 결과물을 광대역파장의 이미지를 얻은 반면 본 연구에서는 325nm파장의 레이저를 사용하였으며, 450nm 파장의 이미지를 얻었다. 이것은 특정파장이 형광되어 협대역 파장으로 분광형광 되는데 이러한 협대역 파장의 이미지를 얻어 보다 이미지적으로 판단이 용이한 결과물을 만들기 위함이다.

www.kci.go.kr

가설 1) 325nm의 빛은 450nm안팎의 파장과 650nm안팎의 파장으로 형광발산 되므로 325nm의 광원을 사용하고 카메라 전면부에 450nm와 650nm의 협대역 밴드패스필터를 사용하면 각 파장의 이미지를 얻을 수 있다.

가설 2) 위의 실험으로 얻은 450nm파장의 이미지는 초기우식을 포함한 우식부위 전체를 보여주며 650nm파장의 이미지는 초기우식을 제외한 와동이 진행된 부위를 보여줄 것이다.

이를 통해 파장별로 투과되는 매질이 상이하므로 초기우식부위와 우식이 진행된 부분을 선별하여 시각적으로 구분이 가능하며 초기우식과 우식이 진행된 치아를 구별가능 할 것이다. 결과를 바탕으로 초기우식 조기진단기를 제작할 것이다.

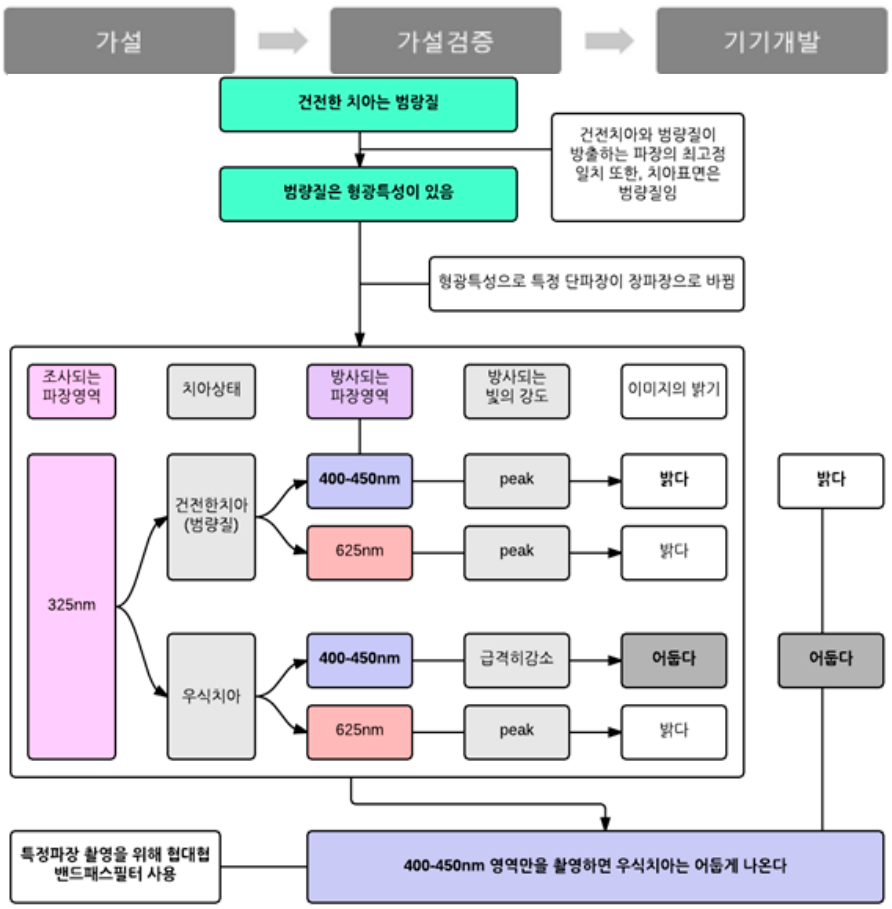


그림 5. 가설

III. 실험 및 결과

1. 연구재료

본 연구에서는 발치된 초기우식 치아를 사용하였으며, 발치되지 않은 치아는 우식이 진행되므로 안정적 결과를 얻을 수 없기 때문이다. 초기우식치아는 일반적으로 발치하지 않으

www.kci.go.kr

므로 연세대학병원에서 교정치료, 보철치료 및 Cadaver(카데바)에서 50여개를 발치하여 초기우식이 진행된 치아 최종 4개를 수합하였다. 선정된 치아는 스케일러와 큐렛을 이용, 부착물을 제거하고 세척과정을 수행하였다. 연구에 사용된 카메라는 Nikon사의 D800으로 적외선과 일부 자외선 촬영이 가능하도록 적외선 차단필터를 제거한 카메라이다.

가시광 촬영용 조명은 ISO에 부합하는 D55조명을 사용하였으며, 실험의 주광원은 Led를 사용하였다. Led는 5mm크기의 20mA전류로 파장영역은 5nm 협대역 파장을 조사하는 330nm~1300nm구간의 평균 10nm간격으로 100여개를 사용하였다. 특정 스펙트럼영역을 분리하기 위한 협대역 필터는 Edmund Optics(에드몬드 옵틱스)사의 필터를 사용하였다. 350nm~1200nm 영역의 21장 필터이며, 10nm FWHM 25mm 필터로 구경은 25mm이며 10nm대역폭(FWHM)을 투과 시키는 필터이며 상세 사항은 다음과 같다.

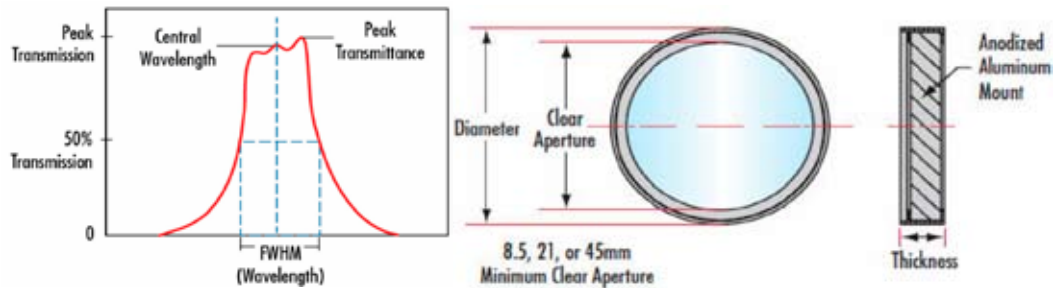


그림 6. 필터의 분광특성 및 크기

https://www.edmundoptics.co.kr/optics/optical-filters/bandpass-filters/532nm-cwl-10nm-fwhm-50mm-mounted-diameter-/#specs

Specifications

Center Wavelength CWL (nm):	350, 400, 450, 500, 650, 700, 730, 766, 780, 830, 852, 855, 880, 905, 940, 1000, 1050, 1064, 1100, 1150, 1200	Center Wavelength CWL Tolerance (nm):	±2
Full Width-Half Max FWHM (nm):	10	Full Width-Half Max FWHM Tolerance (nm):	±2
Optical Density OD:	≥3.0	Clear Aperture CA (mm):	45.0
Diameter (mm):	50.0	Diameter Tolerance (mm):	+0.00/-0.25
Angle Sensitivity:	Intended for Collimated Input	Coating:	Traditional Coated
Construction:	Mounted in Black Anodized Ring	Manufacturer:	EO
Minimum Transmission (%):	≥45	Mount Thickness (mm):	7.5
Operating Temperature (°C):	-50 to +75	Thickness (mm):	7.5
Thickness Tolerance (mm):	±0.1	Type:	Bandpass Filter
Typical Applications:	Nd:YAG Laser Line	RoHS:	준비

그림 7. 필터의 종류와 상세사항

2. 연구 및 결과

본 연구에서 기존 연구와의 차별점은 정량화보다는 시각화한다는 것이며, 비가시광선 LED를 이용하여 기존의 형광물질을 사용한 레이저보다 고감도 추적분석에 적합하며 촬영이 용이하다. 또한 UV LED의 높은 선택성은 비형광 성분의 간섭을 피할 수 있으며, 형광의 고유한 빛을 감지 할 수 있다.

가설을 바탕으로 연구를 구상하였다. 325nm의 광원이 법랑질내에서 450nm 및 650nm로 형광 된다는 근거로 450nm 파장영역만을 촬영한다면 초기우식을 포함한 우식치아는 어

www.kci.go.kr

둡게 건전한 치아는 밝게 촬영될 것이다. 그리고 650nm 파장영역을 촬영하면 진행단계의 우식치아 촬영이 가능할 것이다. 또한, 위의 선행연구에서 언급한 바와 같이 일반적인 자외선 형광법의 측정에서 시료사용과는 상이하게 구강내 자연 발생되는 성분에 의해 형광 된다는 특징이 있다. 아래의 결과를 바탕으로 가설1은 검증되었으나 가설2의 경우 초기우식부위가 650nm촬영 이미지에 존재하므로 '450nm파장의 이미지는 초기우식을 포함한 우식부위 전체를 보여주며 650nm파장의 이미지는 초기우식을 제외한 와동이 진행된 부위를 보여줄 것이다' 라는 가설 2는 성립하지 않았다.

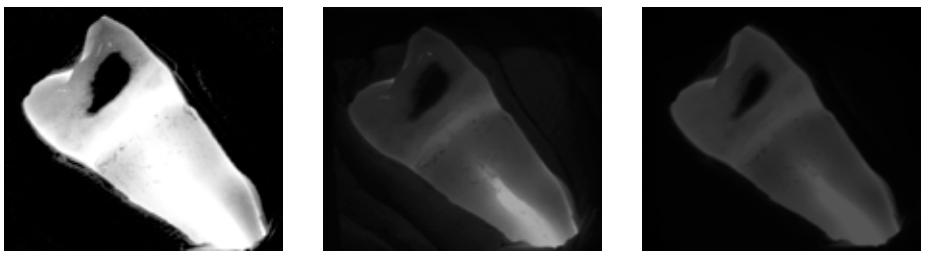


그림 8. 촬영결과물 #1(좌측부터 차례대로 450nm, 500nm, 650nm)

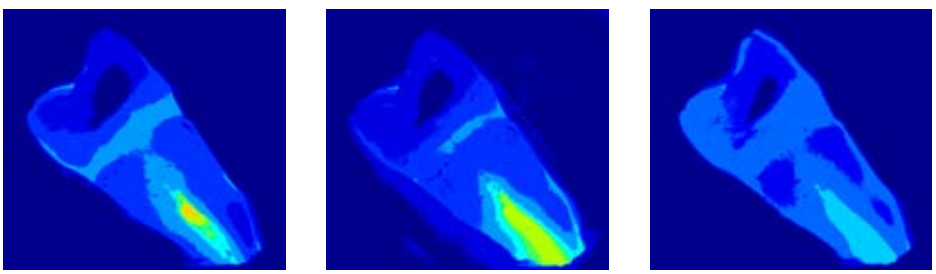


그림 9. 촬영결과물 #2- PC전환(좌측부터 차례대로 450nm, 500nm, 650nm)

촬영의 결과는 위와 같으며 450nm파장영역은 형광이 강하며 초기우식부분과의 구별이 명확하였다. 그러나 650nm파장영역은 초기우식이 미세하게 보이므로 초기우식 부분만을 구별하기는 어려움이 있었다. 그래서 다양한 파장영역의 실험을 통해 와동이 형성된 부분만을 이미지화시키는 파장영역을 실험하였으며 850nm의 광원과 855nm의 필터를 사용한 사진이 가장 적합하였으며 아래는 그 결과물이다.

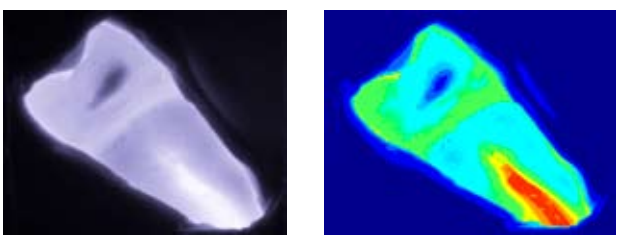


그림 10. 촬영결과물 #3(850nm광원, 855nm필터)

그러므로 아래와 같이 촬영 계획을 세워 연구를 진행하였다. 400~450nm의 촬영내용에서 830nm이후 촬용내용을 빼면, 초기우식부분을 식별할 수 있다.

www.kci.go.kr

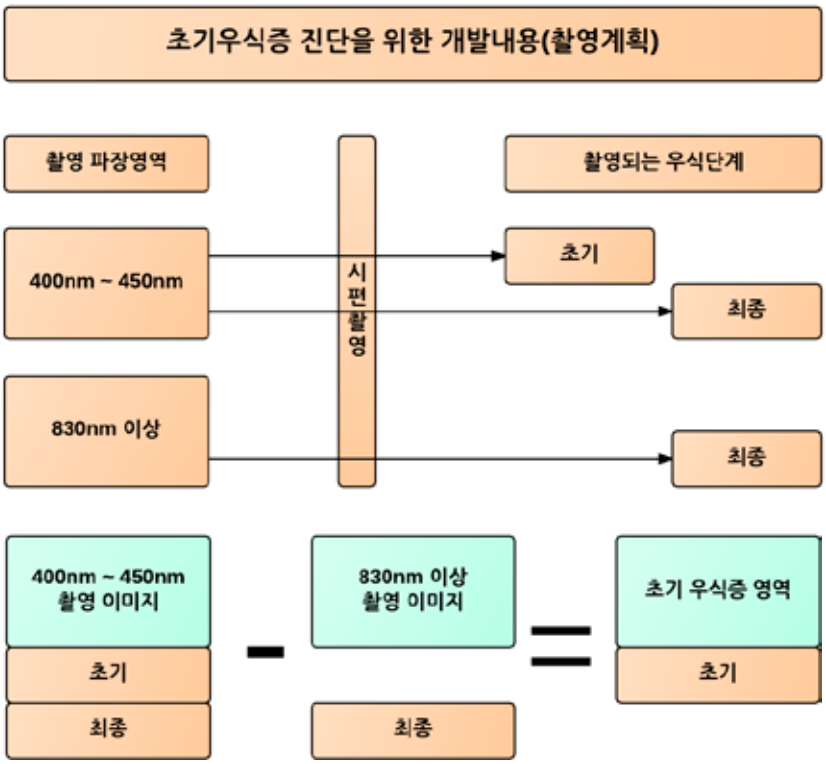


그림 11. 초기우식증 진단을 위한 촬영 계획

위의 촬영 결과물 #1, 2, 3을 참조로 할 때, 830nm는 최종우식 단계만 촬영되며 450nm는 최종우식단계와 초기우식 단계가 동시에 촬영되므로 두 이미지에서 다른 이미지 부분은 초기우식 영역이다. 표를 참조로 할 때, 시각적으로도 판별 가능하지만, 가설 I, II는 사실로 판명되었으며, 다음 사진 중 450nm의 이미지를 참조하면 사진의 콘트라스트는 다른 파장영역의 이미지보다 높게 나왔다. 그러므로 초기우식단계와 범량질은 확연히 구별되게 촬영 되었다.

초기우식단계, 진행단계와 최종단계 모두 검은색을 띄고 있으므로 초기우식부분을 식별하기 쉽지 않다. 다른 파장영역의 이미지는 초기우식단계에서는 매우 희미하여 건강한 범량질과 쉽지 않게 구분되었으나, 진행단계와 최종단계에서는 이미 괴멸된 치아로 밀도가 다르므로 초기우식단계와 건강한 범량질구조의 치아와는 확연히 구분 가능하다.



그림 12. 촬영결과물 #4(450nm, 850nm)

www.kci.go.kr

IV. 논의

상대적으로 450nm의 파장영역은 범량질의 형광화로 인하여 건강한 범량질부분의 노출이 밝으며 우식치아의 부분이 어둡다. 콘트라스트가 높아진다. 450nm의 이미지에서 범량질과 우식부분 (초기우식 포함)을 구별할 수 있으며, 850nm이미지에서 진행된 우식단계(최종단계포함)를 확인할 수 있다. 그러므로 이 두장의 사진을 비교분석하면 초기우식부분을 찾아낼 수 있다. 물론 초기우식증만 있는 경우 450nm를 촬영한 한장의 이미지로 확인이 가능하다. 하지만 450nm에서 촬영된 어두운 부분은 초기우식증을 포함한 우식증 전체를 포괄할 수 있으므로 830nm에서 검증을 거쳐야 초기우식증만 있는지 확인이 된다. 앞의 결과는 밝기의 차이를 측정하여 그래프화 하여도 판별이 가능하다. 500nm영역과 650nm영역은 결과를 도출하기에는 부족하다고 판단된다. 또한, 추가적인 연구가 진행된다면 다양한 파장영역의 촬영이미지를 분석하여, 초기우식영역과 최종우식영역 뿐만 아니라 상아법랑경계 혹은 상아질로 변하는 진행단계의 부위까지 판결이 가능할 것으로 예상된다.

현재까지 육안으로 식별가능한 X-ray와 Q-lay를 이용해 실제 우식증 부위와 시각적인 판단 여부를 비교하였다. 아래는 x-ray촬영 이미지이며 우식부위를 육안으로 식별이 불가능하다.

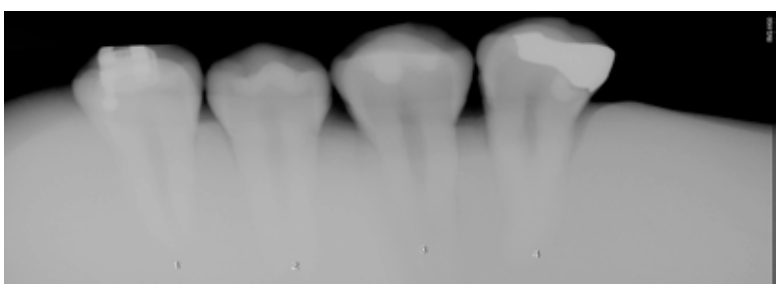


그림 13. 선별된 4개의 치아 X-ray사진

Q-lay의 측정은 세팅과 측정방법에 따라 결과물이 다르므로 5회에 걸쳐 각 회당 3번을 측정한 결과물의 평균으로 수치화 하여 우식부위와 초기우식부위를 판별하였다. 아래 그림을 참조할 때 Q-lay에서는 우식부위는 눈으로 판단이 가능하지만 초기우식은 눈으로 판단하는데 한계가 있으며 파란색 선부분이 초기우식 부위이다. Q-lay의 결과물 중 육안으로 식별 가능한 2개의 치아를 선택하였으며, 우측의 경우 325nm광원으로 450nm필터를 사용한 결과물로 초기우식부위까지 육안으로 식별이 가능하다. 또한 Q-lay의 결과물과 비교하여 본 연구를 통해 우식부위가 판단가능하다는 검증이 되었다.

www.kci.go.kr

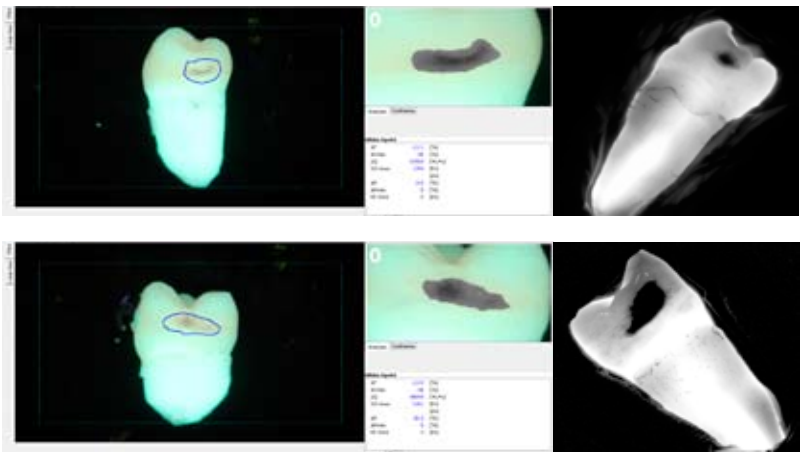


그림 14. Q-lay결과와 본 연구의 결과 비교(좌측-Q-lay, 우측-450nm)

V. 결론

본 연구는 가설을 설정하고 가설을 검증하는 결과우선으로 실험을 하였다. 특정파장이 조사되어 특정범위의 빛이 장파장으로 바뀐다. 결과적으로 모든 파장영역의 빛이 조사된다면 특정영역에서는 밝게 나온다는 것이고 이 밝다는 것은 법랑질이 마모되어 초기우식증이거나 우식증이라는 가설로 시작하였다. 가설2의 경우 성립되지 않아 850nm의 광원과 855nm필터로 촬영된 결과물로 대치하였다. 빛의 중첩이라는 것은 노출과다를 말하고 있으며 검사의 결과는 이미지로 나오므로 누구나 판독가능한 수준의 결과물이다. 본 연구의 결과로 제작되는 기기는 「치아에 투과광을 조사(照射)하는 광원부; 상기 투과광이 조사된 치아를 촬영하되, 촬영된 빛 가운데 400~450nm 파장의 빛과 800~850nm 파장의 빛을 분리하여 주는 촬영부; 및 상기 촬영부가 촬영하여 분리한 400~450nm 파장의 빛과 800~850nm 파장의 빛을 전달받아 각각의 이미지를 생성하는 이미지 생성부를 포함하여 구성된 치아우식 진단장치」를 제공한다. 광원부는 325nm LED와 850nm LED를 각각 양쪽에 장착한다. 이와 같은 원리를 활용하면 치아에 투과광을 조사하여 촬영하되 400~450nm 파장대의 빛만을 필터링한 이미지와 800~850nm 파장대의 빛만을 필터링한 이미지를 각각 생성할 경우 2개 이미지에서 공통적으로 나타난 음영부분은 말기 치아우식 부위이고, 400~450nm 파장대의 빛만을 필터링하여 생성한 이미지에서만 음영으로 나타난 부분은 초기 치아우식 부위라고 진단할 수 있게 된다. 그 결과 육안이나 임상적으로 판별이 어려웠던 초기 치아우식 부위를 정확하게 판별해낼 수 있게 된다. 더 나아가 이를 통해 치아우식증의 진단과 치료의 효율성을 제고할 수 있게 된다. 그래서 본 연구는 기존 고가의 기기와는 차별화된 저가의 기기제작이 가능하다.

치아우식증은 생명에 직접적인 영향을 주는 질환은 아니지만 이미 손상된 치아의 복원은 불가능하므로 피해가 크다. 그러나 초기 우식을 조기에 발견하여 재광화 치료를 시행하면 법랑질의 밀도를 원래의 밀도로 회복이 가능하다. 유아의 경우 조기발견이 매우 어려우므로 본 연구는 유아에게 많은 도움이 될 수 있을 것이다. 본 연구의 결과물인 초기우식 조기진단 장치의 도면은 아래와 같다

www.kci.go.kr

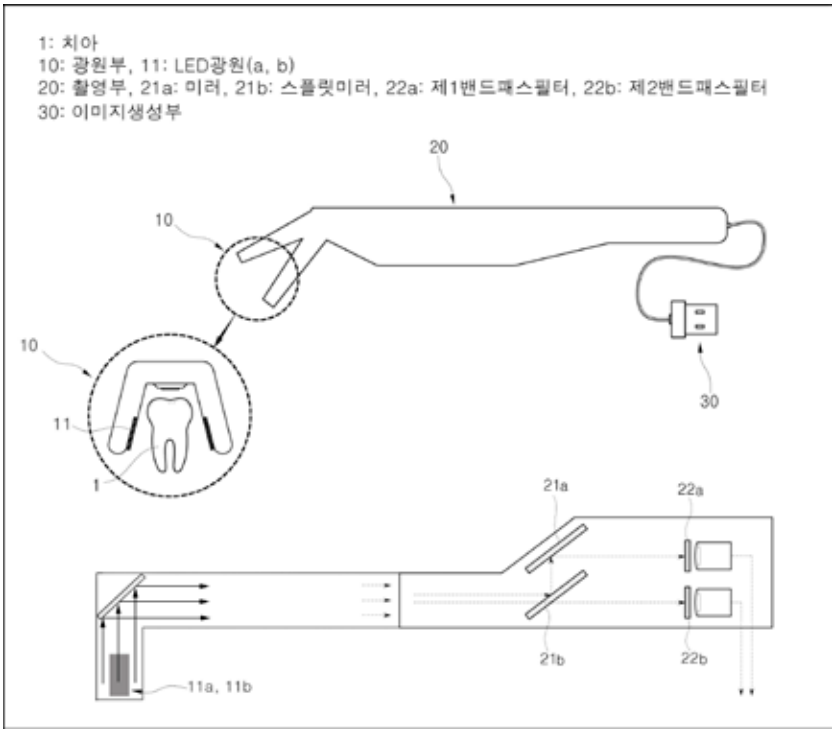


그림 15 초기우식 조식진단장치

참고문헌

Stubel H. Die fluoreszene tierische Gewebe in ultra-violettum Licht, Pfl gers Arch Gesamte Physiologie 1911:141:1-14.

Benecict H. Note on the fluorescence of teeth in ultraviolet rays. Science 1928;67:442.

Hartles RL, Leaver AG. The fluorescence of theeth under ultraviolet irradiation. Biochem J 1953;54:632-638.

Hartles RL, Leaver AG. The identification of pyrimidines in the fluorescing fractions of the teeth of the sperm whale. J Dent Res 1995;34:820-830.

Armstrong WG. Fluorescence characteristics of sound and carious human dentine preparations. Arch Oral Biol 1963;8:79-90.

Mancewicz SA, Hoerman KC. Characteristics of insoluble protein of tooth and bone:fluorescence of some acidic hydrolytic fragments. Arch Oral Biol 1964;9:535-544.

Spitzer D, ten Bosch JJ. Lucinescence quantum yields of sound and carious dental enamel. Calcif Tissue Res 1977;24:249-251.

Sundstrom F, Fredriksson K, Montan S. Hafstrom-Bjorkman U. Laser-induced fluorescence from sound and carious tooth substande:spectroscopic studies. Swed Dent J 1985;9(2):71-80

www.kci.go.kr

Hall AF, DeSchepper E, Ando M, Stookey GK. In vitro studies of laser fluorescence for detection and quantification of mineral loss from dental caries. Adv Dent Res 1997;11(4)507-514

김형성, 이광희, 김대업, 박종석. 레이저형광측정을 통한 Diagnodent의 우식진단에 관한 생체의 연구. 대한소아치과학회지 2000;27(1):24-31.

이광희. Diagnodent를 사용한 우식진단법의 검사자내 신뢰도에 관한 연구. 대한소아 치과학회지 2000;27(1):40-44.

권용훈, 강영수, 김지영, 송근배. UV레이저광을 이용한 치아우식증의 조기진단에 관한 연구. 대한 구강보건학회지 2003;27(2);265-276

Hibst R, Gall T. Development of a diode laser-based fluorescence caries detector. Caries Res 1998;32:294

김지영. 적외선 전방 조사 산란 영상을 이용한 초기우식진단. 부산대학교대학원 석사학위논문 2010.

윤홍철, 김백일. Q-ray의 원리 및 임상적 활용. Denfo cloinic 예방과 진단임상. 2013;139:43-44

권용혼, 강영수, 김지영, 송근배. UV레이저광을 이요한 치아우식증의 조기진단에 관한 연구. 대한구강보건학회지. 2007;27[2];265-276.

이그리미. 근적외선 대역의 연속 및 극초단펄스 레이저를 이용한 높은 가시도의 탕회 진단에 관한 연구. 서울대학교대학원 석사학위논문 2014;1

김지영. 적외선 전방 조사 산란 영상을 이용한 초기우식진단. 부산대학교대학원 석사학위논문 2010;1.

주종우, 이민오, 이준희. 치아우식 진단장치 및 방법, 특허출원 제 2015-0144661호

투고일자 : 4월 5일
심사일자 : 4월 14일
재심일자 : 4월 23일
게재일자 : 4월 30일

www.kci.go.kr