

QLF의 원리와 임상적 활용

연세대학교 치과대학, 예방치과학교실

김 백 일

ABSTRACT

QLF Concept and Clinical Implementation

Department of Preventive Dentistry and Public Oral Health, College of Dentistry, Yonsei University
Baek Il Kim, D.D.S., Ph.D.

The leading paradigm of dentistry had been focused on the rehabilitation treatment that identifies active caries, manages them surgically, and restores their original functions. However, changes in the external environment including the current disease prevalence require dentistry to have a paradigm shift. The new paradigm suggests the detection of caries in their earlier stages over the visual diagnosis of cavities, and the reversal of the incipient caries by non-surgical approach. For this to be achieved, a high-technology detection device recognizing changes in the earlier stages which can not be visually observed is needed. Development of early caries detection device has recently become a major issue in preventive dentistry on account of this need, and QLF(Quantified Light induced Fluorescence) conspicuously stands out among the newly released devices. In this study, the fundamental concept of QLF(Quantified Light induced Fluorescence) and the possible clinical applications of the earlier intra-oral camera model as well as the recently designed digital camera model will be discussed.

Key words : Early caries, Non-surgical approach, QLF

I. 서론

1. 초기 우식병소 탐지 기기의 필요성

치아우식증은 미생물이 분비하는 산에 의해서 치아 표면의 무기질이 용해되는 질환이다. 이 질환은 표면의 미세한 변화부터 와동이 형성되는 단계까지 연속된 과정으로 설명할 수 있다. 지금까지는 육안을 통한 임상적 진단의 편의성 때문에 와동(cavity)이 형성되었는지 여부를 통해서 질병의 유무를 판단해왔다. 그러나 이러한 접근 방식은 여러 가지 외부 상황의 급격한

변화를 통해서 도전받고 있다.

첫 번째 변화로는 치아우식증의 역학적인 상황이 전 세계적으로 변화하고 있다는 점이다. 전 세계 대부분의 국가의 어린이들에서 지난 30년 전부터 와동이 형성된 진행된 치아우식증의 유병률이 급격히 감소하고 있다(그림 1). 이러한 변화의 가장 큰 원인은 불소치약의 광범위한 사용이지만, 일반인들이 구강 위생에 대해 관심이 커진 것도 중요한 원인으로 지목되고 있다.

두 번째 변화의 요인으로는 임상적 측면의 변화를 들 수 있다. 임상의학의 탄생을 저술했던 미셸 푸코는 “의사의 사고(thinking)는 환자의 주관적인 증상

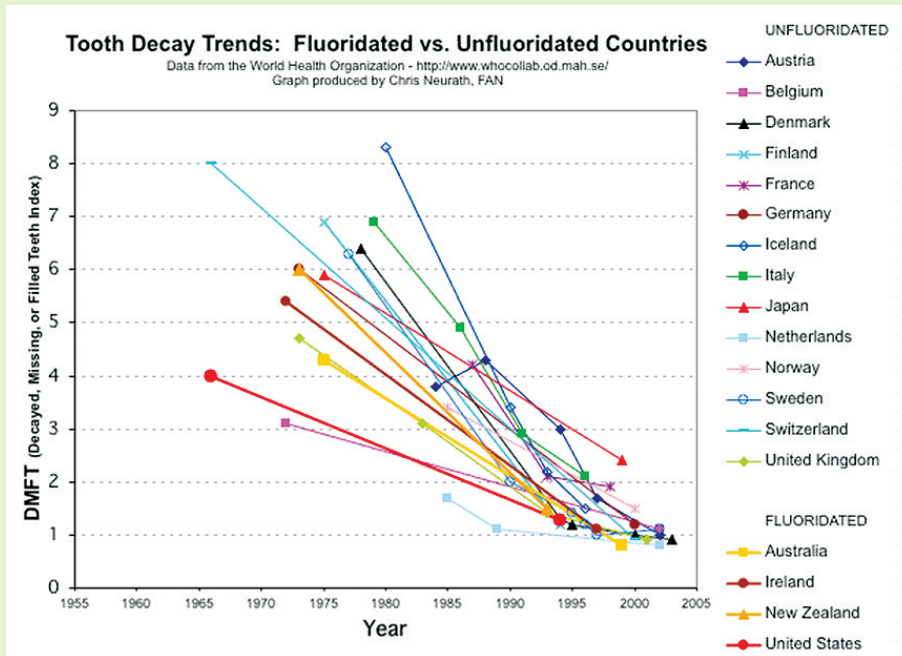


그림 1. 치아우식증 유병률의 세계적인 변화

(subjective symptom)을 객관적인 징후 (objective sign)로 만들 수 있다”고 주장했다. 즉 환자의 병의 유무를 가르는 진단 기준은 의사에 의해서 얼마든지 변화할 수 있다는 것이다. 실제로 1985년에 WHO의 당뇨병 전문위원회에서는 공복 혈장 포도당 농도가 140 mg/dl가 넘을 때만 당뇨병 환자로 진단했었다. 그러나 이 상태에서 발견되는 경우 당뇨병의 합병증이 너무 심해 질환의 조기 진단 및 치료가 어렵다는 주장이 제기됨에 따라서 1997년에 미국 보스턴에서 열린 미국 당뇨병학회에서는 당뇨병 진단에 적용되는 공복 시 혈당치의 기준을 126 mg/dl로 낮추었다. 이렇듯 질환의 심각성과 예방이라는 관점을 반영할 경우 치아우식증의 전통적인 진단 기준인 와동형성 유무라는 기준도 결코 절대 불변의 기준일 수는 없으며, 얼마든지 변화가 가능하다. 실제로 Pitts 등이 제안했던 “빙산 이론(Iceberg theory)”에 의하면 우리가 일상적인 병의 기준으로 여기는 와동형 우식증

을 전체 우식과 견주어 보면 마치 물위에 떠있는 빙산의 일부분에 비유할 수 있는 것이다(그림 2). 그러나 과거에는 수면 밑에 있어서 육안으로는 확인이 불가능했던 초기 병소들이 최근 개발된 기술과 장비를 통해서 탐지가 가능하게 되었다.

세 번째 변화의 요인은 환자들의 요구의 변화이다. 최근 환자들은 자신의 질환에 대해서 영상 이미지를 통한 상세한 설명을 요구하고 있다. 특히 일반인들은 각각의 치과 의사에 따라서 내려지는 충치 개수의 차이가 발생하는 것을 이해하지 못하고 있다. 환자들의 이러한 변화된 요구를 충족시키기 위해서는 객관적인 장비를 활용하여 누구나 공감할 수 있는 근거있는 자료를 제시하는 것이 필요하다.

지금까지 제시했던 세 가지 변화의 요인들은 진행된 우식 병소를 발견하여 외과적으로 치료하는 기존 치과계의 패러다임에 대해서 근본적인 변화를 요구하고 있다. 이는 바로 병소의 조기 탐지 및 회복이며, 이를 위

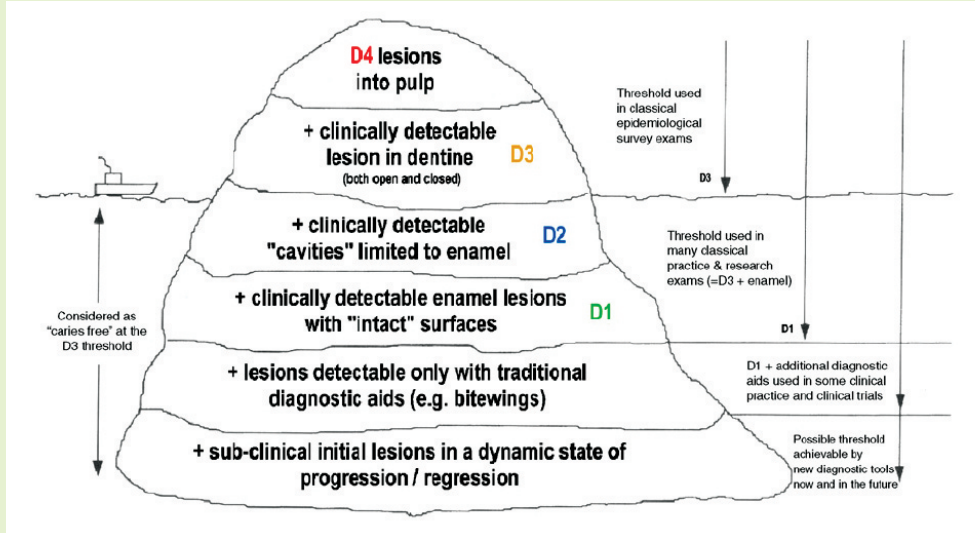


그림 2 치아우식증의 진행 과정을 설명하는 빙산 이론

해서는 육안으로 탐지하기 어려운 우식증의 초기 단계를 포착할 수 있는 객관적인 장비를 활용하는 것이 필요하다. 이에 본 논문에서는 초기우식증 탐지 분야에서 광범위한 학문적인 근거를 갖고 있는 QLF(Quantified Light induced Fluorescence)를 중심으로 이론적인 배경과 임상적인 활용에 대해서 알아보려고 한다.

II. 본론

1. QLF의 원리 및 초기 제품

초기 우식증 병소는 육안으로 관찰했을 때 표면층이 소실되지 않고 정상 법랑질에 비해서 하얗게 보이기 때문에 백색반점(white spot)이라고 불린다. 즉, 초기 우식병소의 표면층은 정상치질보다는 낮으나 어느 정도의 강도를 보이면서 표면하(subsurface)에서 무기질이 빠져나가는 특성을 갖고 있다. 그러나 지금까지 임상현장에서 이러한 초기 우식 병소는 병소의

크기나 심도에 따라서 객관적인 구분이 어려운 실정이었다. 전통적인 진단법인 시진과 촉진법을 함께 사용할지라도 실제 교합면의 초기 우식병소를 실제로 발견할 수 있는 민감도(sensitivity)는 20% 미만이었으며, 방사선 사진 검사의 경우도 30%에 불과하였다(그림 3). 그러므로 초기 우식병소에 대한 전통적 진단 시스템들의 한계점을 극복해줄 수 있는 새로운 대안의 필요성이 커졌다.

QLF는 가시광선 영역의 빛을 치아에 조사해서 초기우식증을 탐지할 수 있는 장비이다. 이 장비는 과거에 실험실 영역에서 TMR(Transvers Microradiography)와 같은 장비로 탐색이 가능했던 치아 표면의 미세한 무기질 소실량을 임상 현장에서도 평가할 수 있도록 만든 획기적인 제품이다. QLF의 이론적인 근거는 1981년에 스웨덴의 Sundström과 Bjelkhaagen에 의해서 최초로 제시되었다. 그들은 488 nm 파장의 빛을 이용해서 초기 우식증과 정상 치질 간에 명확한 구분이 가능함을 최초로 제시하였다. 이후 1988년부터 Elbert에 의해서 다양한 실험실 평가 및 개발과정을 거쳐서 임상에서 활용 가능한 의료

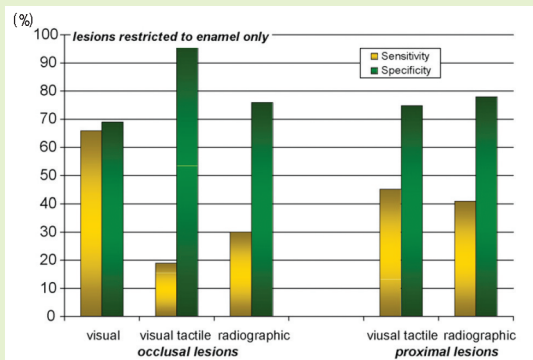


그림 3. 법랑질 병소에 대한 전통적인 우식 탐지 시스템의 효과

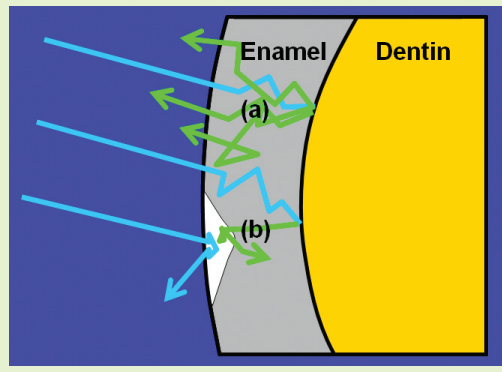


그림 4. QLF의 빛이 치아에 투과되면서 정상 치질(a)과 초기 우식병소(b)를 구분하는 원리

기기로 개발되었다. 2002년도에는 네덜란드의 Inspektor라는 회사에서 최초로 임상에서 활용 가능한 장비인 Inspektor-Pro라는 제품을 상품화하였다.

QLF에서 활용하고 있는 빛은 405 nm 정도의 푸른색의 가시광선이다. 이 빛을 치아에 조사하면 건전한 치아의 경우 빛이 상아-법랑질 경계(DEJ)까지 투과한 뒤 반사되면서 녹색의 자연 형광(auto-fluorescence)이 발생하게 된다. 그러나 초기 우식증이 있는 병소의 경우 병소 부위에서 빛이 산란되면서 형광이 소실되어 검게 보인다(그림 4). QLF는 이렇게 형광이 소실된 정도를 정량화시켜서 구체적인 수치로 제시할 수 있다. 보통 5%의 형광이 소실된 정도

를 기준으로 정상치질과 초기우식병소를 구분하고 있으며, 병소에 따른 다양한 수준의 형광 소실 단계를 제공하고 있다.

임상에서 활용 가능한 Inspektor-Pro 제품은 크게 광원을 만들어 내는 부분과 핸드피스 형태의 인트라오랄 카메라가 광전용 케이블로 연결되어 있고, 여기서 채득된 영상은 전용 컴퓨터로 전달되어 분석용 소프트웨어로 분석을 할 수 있다(그림 5).

QLF에서는 세 가지 종류의 측정 변수를 제공하고 있다. 첫 번째는 ΔF (Delta F)로써 정상치질의 녹색 형광에 비해서 초기 우식병소에서 얼마나 녹색 형광이 소실되었는지를 수치로 나타내준다. 두 번째는 병소의



그림 5. Inspektor-Pro의 모습 (a) 정면 모습, (b) 광원, (c) 핸드피스 모습

임상가를 위한 특집 1

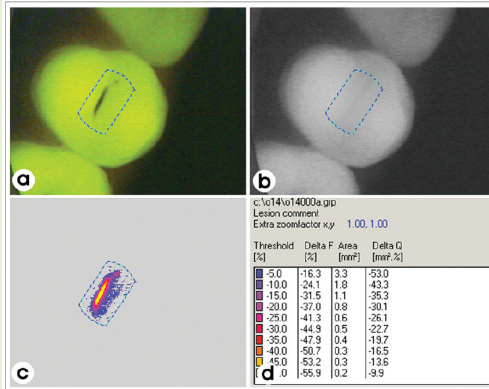


그림 6 QLF를 이용해서 병소를 분석하는 예. (a) 소구치 교합면에 건전치질 위에 존재하는 초기 우식 병소를 인식하여 패치를 위치시킴. (b) 표면이 동일하게 보이도록 패치 부위를 재조합한 모습. (c) 병소의 탈회 심도에 따라서 추출된 병소를 보여줌. (d) 다양한 수준의 형광소실 정도를 수치로 보여줌

크기(Area)로 mm²의 단위로 측정이 가능하며, 세 번째는 ΔF와 병소 크기를 곱한 ΔQ를 통해서 병소 전체의 3차원적 특성을 수치로 제시할 수 있다(그림6).

QLF를 실제 임상에서 활용할 경우 시간적인 차이를 두고 동일한 부위를 동일한 위치에서 촬영할 수 있도록 도와주는 재위치(repositioning) 기능이 있다. 이 기능을 활용하면 임상에서 예방 시술 전과 여러 가지 임상예방처치를 시행하고 난 뒤 그 효과를 손쉽게 확인할 수 있다(그림 7). QLF의 진단 능력은 교합면 우식증의 경우는 민감도가 0.68 이고, 특이도가 0.70, 병소 깊이에 따른 상관성이 0.82이상으로써 다른 진단 기기들에 비해서 높고 안정된 수준을 나타내고 있다.

2. 디지털 카메라 형태의 새로운 진화

이러한 전통적인 구내 카메라 형태의 QLF는 2011년에 QLF-D Biluminator(이하 QLF-D)라는 새로운 형태로 발전하게 된다. 치과 분야에서는 예로부터 진료과정 상의 근거를 남기기 위해서 카메라를 사용해왔다. 특히 교정이나 보철 분야의 경우는 이러한 임상 증례용 사진 촬영이 필수 과정으로 인식되어 왔

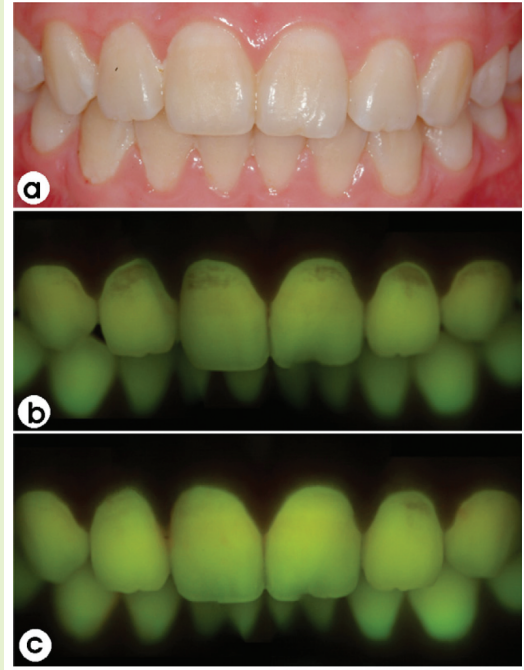


그림 7 QLF의 임상 증례 (a) 백색 광원하에서 상악 전치 부에 초기 우식증이 존재함 (b) 동일한 부위를 QLF를 이용해서 측정하였을 초기우식증은 정상치질의 녹색형광과는 달리 검은색으로 보임. (c) 6개월 동안 구강위생교육을 시행하여 초기우식 증 병소가 감소한 모습

다. 새로운 형태의 QLF-D는 이러한 배경에 착안하여 특수 광원과 필터가 내장된 디지털 카메라를 활용하여 일반 백색광원 영상과 QLF 형광 영상을 연속으로 촬영할 수 있는 제품이다(그림 8).

그러므로 임상 현장에서는 별도의 시간이나 노력을 들이지 않고도 평상시 환자의 임상 사진을 찍듯이 간단하게 한 번의 셔터를 누름으로써 2장의 사진을 동시에 얻을 수 있다(그림 9).

이 제품의 원리는 구강 내에 존재하는 세균이 분비하는 포피린(porphyrin)이라는 대사산물에서 발생하는 붉은 색의 형광을 탐지하는 것이다. 또한 이전 제품과는 다른 특수 필터를 사용함으로써 촬영된 영상이 실제와 좀 더 가깝게 만들었다(그림 10). 그 결과 과거의 제품에서는 건전한 치질은 녹색형광으로 보이고, 초기 우식증 부위는 검은색의 그림자 형태로 보였지만, 새로운 QLF-D에서는 정상 치질은 원래의 이미



그림 8. QLF-D Biluminator의 모습



그림 9. QLF-D Biluminator의 백색광원(a)과 푸른 형광(b)을 이용해서 연속 촬영하는 모습

지와 비슷한 형태로 보이고(그림 11), 미생물의 활성이 높은 오래된 치태 부위에서는 붉은색의 형광을 확인할 수 있다(그림 10).

새로운 QLF-D는 초기우식증 뿐만 아니라 별도의 치태염색제를 사용하지 않고도, 치태나 치석 등을 쉽게 관찰할 수 있다. 그러므로 치태염색제 적용 후 치태염색제가 혀나 입술 부위에서 쉽게 지워지지 않는다는 환자의 불만을 줄이면서 손쉽게 치태 평가를 시행할

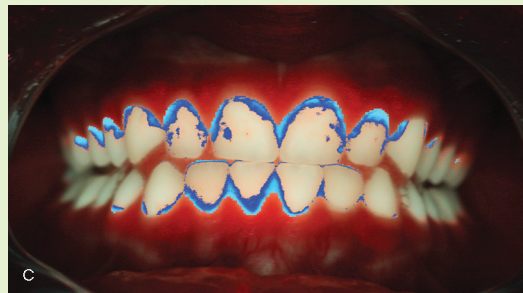


그림 10. QLF-D 임상촬영 예1. (a) 백색광원에서 보이는 치태 (b) 형광광원에서 붉은 색 형광으로 보이는 치태, (c) 소프트웨어로 치태 침착 부위만을 자동으로 분석

수 있다. 치석의 경우 매우 강한붉은색 형광을 확인할 수 있어서 스케일링 실습 후 학생들의 임상 교육 평가 과정에도 활용할 수 있다.

또한 육안으로 쉽게 관찰하기 어려운 레진 수복물이나 실런트 주변의 미세누출 및 이차 우식증도 쉽게 확인할 수 있다(그림 12). 특히 실런트 시술 전에 열구 부위의 세균 오염 여부를 미연에 확인할 수 있어서 실런트 시술 전에 와동의 미세확대나 정밀 세척 등을 손쉽게 결정할 수 있게 된다. 아울러 QLF-D를 활용하면 실런트의 실패 여부를 확인하는데 중요한 시기인 시술 후 3개월 뒤 정기 검사 때에도 미세누출을 쉽게 확인할 수 있다.

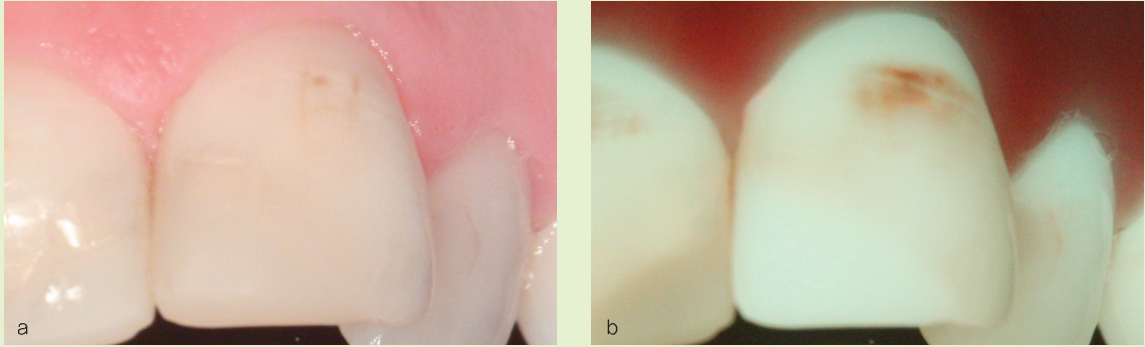


그림 11. QLF-D 임상촬영 예2 (a) 백색광원에서 보이는 초기우식증, (b) 형광광원에서 보이는 초기우식증



그림 12 QLF-D 임상 촬영 예3. (a) 백색광원에서 보이는 레진 수복물, (b) 형광광원에서 보이는 마진부에서 보이는 세균의 활성화, (c) 백색광원에서 보이는 레진 수복물, (d) 형광광원에서 보이는 마진부위의 세균의 활성화

교정환자들은 시술 과정 중에 치아 이동 상태를 자주 사진을 찍어서 영상으로 보관한다. 이때 QLF-D를 활용하면 치태관리가 반드시 필요한 교정환자들에게도 치태 착색제 사용이라는 번거로운 과정 없이 구강 위생 상태를 쉽게 영상으로 확인시켜 줄 수 있다(그림 13).

III. 결론

대부분의 의학 분야에서는 각종 진단 장비를 이용하여 객관적인 근거를 확보한 뒤 진단을 내리는 과정이 일반적이다. 하지만 유독 치의학에서만 이러한 진단 장비의 개발과 활용이 더디게 진행되어 왔다. 이러한

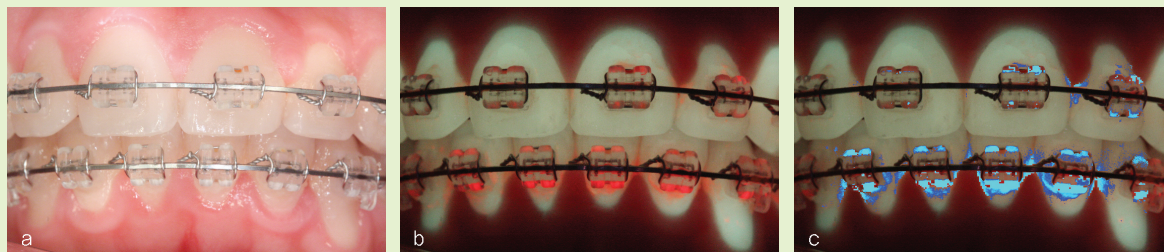


그림 13. QLF-D 임상촬영 예4 (a) 백색광원에서 보이는 치태 (b) 형광광원에서 하악 전치 브라켓 하방에서 붉은 색의 형광으로 보이는 치태, (c) 소프트웨어로 치태 침착 부위만을 자동으로 분석

배경에는 치의학의 뿌리가 이발 외과의사(barber surgeon)에서 비롯되어 가역적인 회복이 가능한 초기 병소의 탐지보다는 진행된 병소에 대한 재활(rehabilitation)치료에 중심을 두고 있었기 때문이다. 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 비

외과적인 모형(non-surgical model)으로 급격한 변화가 이루어질 전망이다. 이를 위해서는 눈에 보이지 않는 초기 병소를 눈으로 볼 수 있게 도와주는 각종 첨단 진단장비가 필요한데, 그 정점에 있는 유망한 장비가 바로 QLF이다. 향후 치과계의 미래는 초기 병소를 탐지하는 장비와 이렇게 탐지된 병소에 대한 비외과적인 치료법의 개발이라는 두 개의 축이 치과계를 구동하는 핵심축으로 작용하게 될 전망이다.

참 고 문 헌

1. Pretty IA. Caries detection and diagnosis: novel technologies. *J Dent.* 2006;34(10):727-39.
2. Pitts NB. Clinical diagnosis of dental caries: a European perspective. *J Dent Educ* 2001;65(10):972-8.
3. Pretty IA. A review of the effectiveness of QLF to detect early caries lesions. Indianapolis, Indiana: Indiana University Press; 2005.
4. Stookey GK. Quantitative light fluorescence: a technology for early monitoring of the caries process. *Dent Clin North Am.* 2005 Oct;49(4):753-70.
5. 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(5):358-64.
6. 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.* 2006;40(2):112-6.
7. Mattousch TJ, van der Veen MH, Zentner A. Caries lesions after orthodontic treatment followed by quantitative light-induced fluorescence: a 2-year follow-up. *Eur J Orthod.* 2007 Jun;29(3):294-8.