

치아균열증후군 진단 시스템으로서의 치과용 광결맞음 단층촬영장치

연세대학교 치과대학 구강생물학교실 해부 및 발생생물학 연구실,

이상희, 양현무, 허경석, 김희진*

서 론

치아균열증후군은 치아에 보이지 않는 미세한 균열이 생겨 저작 시 날카로운 통증을 일으키는 일반적인 치과 질환 중 하나이다. 치아균열은 강한 저작력이나 과도한 치질 삭제 및 충전 등에 의해 생기며 치아 균열 정도에 따라 치료가 필요하지 않은 것부터 치수치료 혹은 발치를 해야 하는 것까지 다양하게 분류될 수 있다 (Lubisich et al., 2010; Lynch and McConnell, 2002). 치아균열증후군은 음식을 먹거나 껌을 씹을 때 혹은 차가운 음식이나 뜨거운 음식을 먹을 때 민감도가 높아지는 반면, 치아균열이 너무 미세하여 환자 뿐 아니라 치과의사도 치아균열의 위치와 그 깊이를 정확히 알 수 없다는 특징을 보인다. 치아균열이 의심되는 치아에 메틸렌

블루로 착색하여 확인하는 것이 치아균열증후군의 진단에 도움이 된다는 보고가 있기는 하나 이 또한 치아균열의 깊이를 파악할 수 없고 치아균열이 상당히 진행된 치아에 한해서 관찰 가능하다는 한계점을 가지고 있다. 따라서 치아균열이 의심되는 치아를 삭제한 후 임시보철물을 씌워 몇 주간 증상의 변화를 관찰하는 것이 가장 일반적인 치아균열증후군의 진단 방법으로 추천되고 있다 (Lynch and McConnell, 2002).

치아삭제는 비가역적이고 법랑질과 상아질의 기계적, 생리적 기능을 저하시키기 때문에 최소한으로 이루어져야 하지만 부적절한 치아삭제는 썩기효과를 일으켜 치아균열을 더욱 심화시킬 위험성이 있다. 따라서 진단용 치아삭제에서 교합력에 저항하고 치아균열의 진행을 막기 위한 건전치질의 삭제가 불가피하게 이루어지기 때문에 치아균열의 위치와 깊이에 대한 정확한 정보는 보존적인

* 교신저자

치아균열 증후군의 치료계획 수립에 있어 매우 중요하다.

광결맞음 단층 촬영장치 (optical coherence tomography, OCT) 는 저결맞음 간섭계와 백색광 간섭계를 공초점 현미경의 원리에 적용시켜 생체구조 내부의 정확한 영상을 획득할 수 있는 장치이다. 특히 OCT는 안과영역에서 망막과 각막질환의 진단에 널리 쓰이고 있으며 최근 심혈관계 영역과 치과 영역에서의 적용이 시도되고 있다 (Fercher, 2010; Huang et al., 1991).

OCT는 미세한 치아균열의 단면영상을 비침습적이고 가역적인 방법으로 제공하기 때문에 치아균열 증후군의 진단 기구로서 적절할 것으로 보인다. 그러므로 이번 연구에서는 구내표준방사선장치와 전산화 단층촬영장치를 통해 획득한 치아균열 영상과 OCT 영상을 비교하여 OCT의 균열치아 진단 능력을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

OCT는 LG 전자와 연세대학교 치과대학에서 새로 개발한 진단 장비로 이번 연구에서 사용되었다. OCT는 가시광선이 물체에 도달하면 산란되는 원리를 이용한 것으로 굴절률이 다른 두 물질 경계에서의 빛의 반사와 간섭을 감지하여 신호처리 과정을 통해 이차원 혹은 삼차원 영상을 제공한다.

이번 연구에서 구내표준방사선사진을 통해 치아균열을 가지고 있는 여덟개의 치아를 선별하였고 전산화 단층촬영 영상을 획득하여 치아균열의 위치와 깊이 그리고 형태에 대한 기준 이미지로 삼았다. 그리고 OCT의 치아균열 진단능력을 확인하기 위해 전산화 단층촬영영상과 비교하여 치아균열의 수와 치아균열의 깊이를 비교하였다.

치아균열의 수는 각각의 영상에서 육안으로 확인하였으며 치아균열의 깊이는 컴퓨터 소프트웨어인 Mimics (Materialize, Belgium, Leuven)를 통해 측정하였다. 구내표준방사선 사진과 전산화 단층촬영 영상은 상의 왜곡이 크지 않지만 OCT는 매질의 굴절률에 따라 단면의 수직길이가 달라지기 때문에 법랑질의 굴절률인 1.6을 곱하여 치아균열의 깊이를 획득하였다.

결 과

OCT영상을 통해 치아 균열선 뿐만 아니라 구내표준방사선사진에서 희미하게 관찰되는 법랑상아경계도 뚜렷이 확인할 수 있었다. 구내표준방사선사진에서 관찰하지 못한 치아 균열선을 전산화 단층촬영 영상에서 확인하였는데 이는 OCT 영상에서 보여지는 치아균열선의 수와 일치하였다. OCT 영상에서 보여지는 신호 강도는 매질의 규칙성과 밀도에 따라 달라진다. OCT 영상에서 밝게

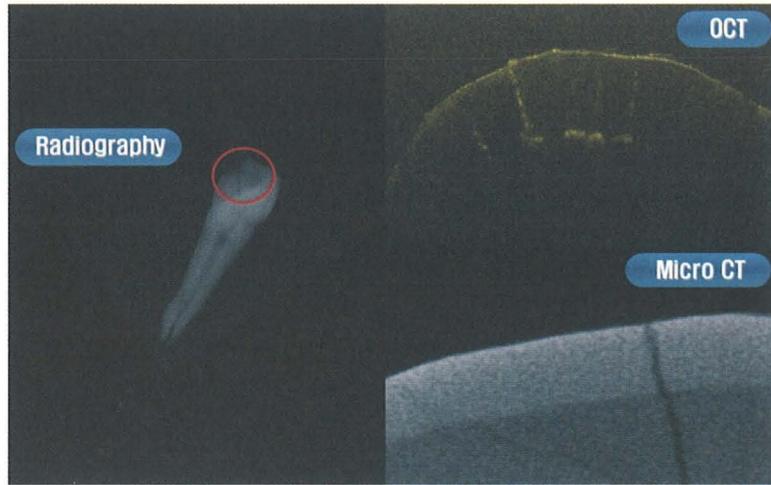


그림 1. 구내표준방사선, OCT, 전산화 단층촬영장치를 통해 촬영한 치아 균열선. 구내표준방사선 사진에서 한 개의 치아 균열선이 관찰된다 (왼쪽). 뚜렷한 두 개의 치아 균열선이 OCT 단면영상 (오른쪽, 위)에서 관찰되며 이는 전산화 단층촬영 영상 (오른쪽 아래)에서도 관찰된다.

표 1. OCT와 다른 영상장비와의 비교

장비	기능	표본	용이성	비용	민감도와 특이도
OCT	단면영상	필요없음	쉬움	낮음	높음
구내표준방사선	경조직영상	필요없음	쉬움	낮음	낮음
전산화 단층촬영	3차원영상	생체 내에서 촬영불가	어려움	매우높음	높음

보이는 부분은 매질의 밀도가 낮은 부분이며 어둡게 보이는 부분은 매질의 밀도가 높은 부분으로 밝고 뚜렷하며 경계에 끊어짐이 없는 선을 치아 균열선으로 진단할 수 있다. OCT 영상에서 전산화 단층촬영 영상에서 보이지 않으면서 치아균열과 비슷하게 보여지는 몇 개의 선을 관찰할 수 있었는데 이는 법랑질의 저석회화 부위로 치아균열선과는 선의 경계가 불규칙하다는 차이점을 보였다. 대부분의 치아 균열선은 법랑상이경계가

지만 관찰되었는데 이는 OCT의 침투 깊이가 한계로 인한 것으로 OCT 침투 깊이가 한계 내에서의 치아 균열선은 모두 확인 가능하였다 (그림 1).

OCT의 침투 깊이에 따른 진단의 한계는 있지만 구내표준방사선사진과 전산화 단층촬영영상을 비교해보았을 때 비 침습적이고 쉽게 다룰 수 있으며 촬영비용이 적게 들면서 전산화 단층촬영영상과 비슷한 민감도와 특이도를 보인다는 장점을 확인할 수 있었다 (표 1).

결론

OCT는 생체구조의 단면영상을 제공하는 비침습적인 영상장비이다. 이 영상장비는 초음파 펄스에코 신호원리를 이용한 것으로서 저결맞음 광간섭을 통해 이차원 혹은 삼차원의 생체내부구조를 확인할 수 있다. 생체구조를 투과하거나 반사한 광신호는 경과시간의 차이에 따른 정보로 변환되고 이를 통해 내부구조를 영상화시킨다. OCT는 10fW의 민감도를 보이며 마이크로미터 수준의 해상도를 보인다.

OCT는 미세혈관을 영상으로 재현하는데 쓰이기도 하고 (optical doppler tomography, ODT) 특정 재료에서의 광 흡수차이를 이용하여 재료구조의 분석에 쓰이기도 한다 (second harmonic OCT). 더 세밀한 영상정보는 분극작용의 분석을 통한 추가 신호처리과정을 통해 획득될 수 있다 (polarization-sensitive OCT, PC-OCT) (Lee et al., 2003; Morgner et al., 2000; Swanson et al., 1992). 최근 의학영역에서 OCT가 진단기구로서의 주목 받고 있으며 특히 안과영역에서 녹내장이나 맥락막정맥류 등을 진단하는데 널리 쓰이고 있다 (Adam et al., 2013; Hwang, 2013)

구내방사선은 치과영역에서 진단장비로서 일반적으로 사용되고 있지만 치아 균열을 진단하기에는 해상도가 낮다. 전산화 단층촬영술은 세밀한 구조의 영상

을 고해상도로 제공하며 치아균열 진단에 있어 높은 민감도와 특이도를 보인다. 하지만 전산화 단층촬영술은 방사선 노출량이 많고 비용이 크기 때문에 임상적으로 치아균열을 위한 진단기구로 사용되고 있지 않다. 반면 OCT는 전산화 단층촬영술에 비해 상대적으로 환자와 술자에게 안전하며 높은 해상도를 보인다.

OCT는 가시광선의 짧은 침투 깊이 때문에 안과영역과 같이 피사체의 굴절률이 크기 않은 영역에서 주로 사용되어 왔다. 치과영역에서는 법랑질의 굴절률을 기준으로 침투 깊이가 2mm 정도밖에 되지 않기 때문에 상아질이나 치수에 까지 이환된 치아균열의 깊이와 위치를 파악하기에는 한계가 있다. 하지만 육안 검사나 착색법으로 확인할 수 없는 법랑질에 이환된 초기 치아균열을 진단하는데 있어 OCT가 적절하며 OCT를 이용한 치아균열의 초기 진단이 불필요한 치아삭제와 같은 비가역적인 치료를 막는데 도움이 될 것이다.

이번 연구는 여덟 개의 치아 표본을 통해 시행되었기 때문에 통계적인 자료나 정확한 계측자료를 제시하지 못하였다. 하지만 우리는 치아균열의 진단기구로서 OCT의 가능성을 확인할 수 있었다. 현재 OCT는 개발단계에 있으며 OCT의 가장 큰 약점인 침투 깊이는 점차 나아지고 있기 때문에 상아질 범위까지의 치아균열 진단도 머지 않아 가능할 것으로 보인다. 이번 연구에서는 치아균

열에 한해 OCT의 진단능력을 평가하였지만 굴절률이 법랑질보다 더 작은 치주조직과 치아 내 저석회화 부위 혹은 치아 우식 등의 평가에도 쓰일 수 있을 것으로 보이며 치과 질환 전반에 걸친 진단 기구로서 OCT가 널리 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Lubisich EB, Hilton TJ, Ferracane J, Northwest Precedent (2010) Cracked teeth: a review of the literature. *J Esthet Restor Dent* 22, 158-67.
2. Lynch CD, McConnell RJ (2002) The cracked tooth syndrome. *J Can Dent Assoc* 68, 470-5.
3. Fercher AF (2010) Optical coherence tomography-development, principles, applications. *Z Für Med Phys*, 20, 251-76.
4. Huang D, Swanson EA, Lin CP, Schuman JS, Stinson WG, Chang W, Hee MR, Flotte T, Gregory K, Puliafito CA (1991) Optical coherence tomography. *Science* 254, 1178-81.
5. Chen Z, Milner TE, Srinivas S, Wang X, Malekafzali A, van Gemert MJ, Nelson JS (1997) Noninvasive imaging of in vivo blood flow velocity using optical Doppler tomography. *Opt Lett* 22, 1119-21.
6. Swanson EA, Huang D, Hee MR, Fujimoto JG, Lin CP, Puliafito CA (1992) High-speed optical coherence domain reflectometry: erratum. *Opt Lett* 17, 547.
7. Morgner U, Drexler W, Kärtner FX, Li XD, Pitris C, Ippen EP, Fujimoto JG (2000) Spectroscopic optical coherence tomography. *Opt Lett* 25, 111-3.
8. Lee TM, Oldenburg AL, Sita-falwalla S, Marks DL, Luo W, Toublan FJ, Suslick KS, Boppart SA (2003) Engineered microsphere contrast agents for optical coherence tomography. *Opt Lett*, 28, 1546-48.
9. Adam CR, Sigler EJ, Randolph JC, Calzada JI (2013) Submacular choroidal varix simulating chorioretinal folds with metamorphopsia. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*, 1-3.
10. Hwang YH (2013) Detection of glaucoma with an optical coherence tomography-derived neuroretinal rim parameter. *Ophthalmology*, 120, 78.

ABSTRACT

치아균열증후군 진단 시스템으로서의 치과용 광결맞음 단층촬영장치

이상희, 양현무, 허경석, 김희진

연세대학교 치과대학 구강생물학교실 해부 및 발생생물학 연구실

목적 : 치아균열증후군은 임상에서 육안검사만으로 진단이 어렵기 때문에 적절한 치료가 행해지지 않고 있다. 이번 연구에서 우리는 LG 전자와 연세대학교 치과대학이 공동 개발한 광결맞음 단층촬영장치 (optical coherence tomography, OCT) 를 소개하고 구내표준방사선사진과 전산화 단층촬영 영상을 OCT영상과 비교하여 균열치아 진단시스템으로서의 적절성에 대하여 평가하고자 하였다.

재료 및 방법 : 구내표준방사선사진을 통해 치아균열을 관찰한 8개의 치아를 표본으로 선정하고 OCT로 촬영하여 단면영상을 획득하였다. 이후 OCT영상에서 보여진 치아균열을 구내표준방사선사진, 전산화 단층촬영 영상과 비교 하여 OCT 영상의 균열치 진단능력을 평가하였다.

결과 : OCT를 이용하여 2mm 정도 깊이까지의 치아의 단면영상을 획득하였다. 이 영상을 이용하여 치아균열과 법랑상아경계도 뚜렷이 관찰할 수 있었다. OCT를 구내표준방사선사진 그리고 전산화 단층촬영영상과 비교한 결과 우리는 OCT영상이 비침습적이고 다루기 쉬우며 촬영비용이 싸고 전산화 단층촬영술에 버금가는 민감도와 특이도를 보인다는 점에서 우수성을 확인할 수 있었다.

결론 : 이 실험을 통해 우리는 치아구조를 확인하는데 있어 OCT가 적절하다는 것을 확인할 수 있었다. 그러므로 우리는 치과용 OCT가 치아균열증후군을 효과적으로 적용 가능하며 향후 초기충치나 치주질환의 진단에 있어서도 적용 가능할 것을 기대해본다.