



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0016602
(43) 공개일자 2020년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 5/0088 (2013.01)

A61B 5/0071 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0091895

(22) 출원일자 2018년08월07일

심사청구일자 2018년08월07일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김백일

서울특별시 서초구 나루터로4길 28, 309동 502호

이형석

서울특별시 서대문구 연희로 63, 연희체스트빌 711호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이재영

전체 청구항 수 : 총 18 항

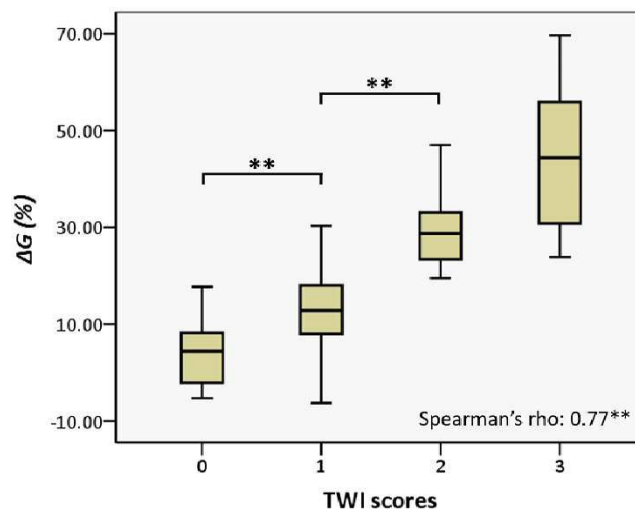
(54) 발명의 명칭 치아 마모 정도를 평가하기 위한 정보제공방법

(57) 요약

본 발명은 치아의 기계적 마모 정도를 정량적으로 평가하기 위한 정보제공방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 정량적 광-유도 형광(quantitative light-induced fluorescence, QLF)을 이용하여 치아를 촬영하는 단계; 및 치아의 마모가 의심되는 부위의 형광 세기를 측정하는 단계를 포함하는, 치아의 마모 정도를 평가하기 위한 정보제공방법을 제공한다.

본 발명에서는 정량적 광-유도 형광-디지털법을 이용하여 비교적 정확하고 신속하게 치아의 기계적 마모 정도를 평가할 수 있어, 치아에 기계적 마모가 발생하는 것을 예방, 진단 및 치료할 수 있다.

대표도 - 도9



(72) 발명자

김상겸

서울특별시 서대문구 연희로10가길 15-4, 201호

박석우

경기도 고양시 일산서구 강선로 158, 1207동 1201호

명세서

청구범위

청구항 1

정량적 광-유도 형광(quantitative light-induced fluorescence, QLF)을 이용하여 치아를 촬영하는 단계; 및
치아의 마모가 의심되는 부위의 형광 세기를 측정하는 단계를 포함하는, 치아의 마모 정도를 평가하기 위한 정보제공방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 촬영은 치아의 교합면(occlusal surface) 또는 치경부(cervical area)에 대하여 수행되는, 정보제공방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 치아의 마모가 의심되는 부위에서 측정된 형광 세기가 건강한 치아의 대응되는 부위에서 측정된 형광 세기보다 높은 경우, 기계적 마모가 발생한 것으로 판단하는, 정보제공방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 치아에 마모가 의심되는 부위의 형광 세기가 동일 환자의 어느 일 치아의 협면의 어느 일 부위에서 측정된 형광 세기보다 높은 경우, 기계적 마모가 발생한 것으로 판단하는, 정보제공방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 동일 환자의 어느 일 치아는 상기 마모가 의심되는 부위를 가진 동일 치아인, 기계적 마모가 발생한 것으로 판단하는, 정보제공방법.

청구항 6

정량적 광-유도 형광(QLF)을 이용하여 치아를 촬영하는 단계; 및

상기 촬영 후 얻어진 치아의 이미지 중 마모가 의심되는 부위의 명암 값(gray value)을 측정하는 단계를 포함하는, 치아의 마모 정도를 평가하기 위한 정보제공방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 촬영은 치아의 교합면(occlusal surface) 또는 치경부(cervical area)에 대하여 수행되는, 정보제공방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 치아 중 마모가 의심되는 부위의 최대 명암 값이 건강한 치아의 대응되는 동일 면적 부위의 최대 명암 값보다 큰 경우, 기계적 마모가 발생한 것으로 판단하는, 정보제공방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 정보제공방법은,

동일 환자의 어느 일 치아의 협면의 어느 일 부위의 최대 명암 값을 측정하는 단계를 더 포함하는, 정보제공방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 치아 중 마모가 의심되는 부위의 최대 명암 값이 동일 환자의 어느 일 치아의 협면의 어느 일 부위의 최대 명암 값보다 큰 경우, 기계적 마모가 발생한 것으로 판단하는, 정보제공방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 동일 환자의 어느 일 치아는 상기 마모가 의심되는 부위를 가진 동일 치아인, 기계적 마모가 발생한 것으로 판단하는, 정보제공방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 마모가 의심되는 부위의 최대 명암 값을 G_{worn} 으로, 상기 동일 환자의 어느 일 치아의 협면의 어느 일 부위의 최대 명암 값을 G_{sound} 로 하여, 하기 [식 1]에 대입해 $\Delta G(\%)$ 를 측정하는 단계를 더 포함하는, 정보제공방법:

[식 1]

$$\Delta G (\%) = \frac{G_{worn} - G_{sound}}{G_{sound}} \times 100$$

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 $\Delta G(\%)$ 가 3 내지 24%인 경우 상기 마모가 의심되는 부위에 기계적 마모가 발생하였으나, 법랑질이 잔존하는 것으로 판단하는, 정보제공방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 $\Delta G(\%)$ 가 20 내지 50%인 경우 상기 마모가 의심되는 부위에 기계적 마모로 인하여 상아질이 노출되거나, 노출된 상아질에 기계적 마모가 발생한 것으로 판단하는, 정보제공방법.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 $\Delta G(\%)$ 가 0 미만이거나, 0 이상 10% 이하인 경우 상기 마모가 의심되는 부위의 치아 마모 인덱스가 0에 해당하는 것으로 판단하는, 정보제공방법.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 $\Delta G(\%)$ 가 10% 초과 20% 이하인 경우 상기 마모가 의심되는 부위의 치아 마모 인덱스(tooth wear index, TWI)가 1에 해당하는 것으로 판단하는, 정보제공방법.

청구항 17

제12항에 있어서,

상기 $\Delta G(\%)$ 가 20% 초과 35% 이하인 경우 상기 마모가 의심되는 부위의 치아 마모 인덱스(tooth wear index, TWI)가 2에 해당하는 것으로 판단하는, 정보제공방법.

청구항 18

제12항에 있어서,

$\Delta G(\%)$ 가 35% 초과 60% 이하인 경우 상기 마모가 의심되는 부위의 치아 마모 인덱스(tooth wear index, TWI)가 3에 해당하는 것으로 판단하는, 정보제공방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 치아의 기계적 마모 정도를 정량적으로 평가하기 위한 정보제공방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 병리학적으로 치아의 기계적 마모는, 기계적 요인에 의하여 치아의 법랑질(enamel)과 상아질(dentin)에서 점진적으로 발생하는 것으로, 치아 경조직에 손상이 가해지는 비가역적 손실에 해당한다. 따라서, 이러한 치아의 마모는 전체적 치열(dentition)의 수명에 영향을 미치게 된다. 예방적 관리나 치료 없이 치아의 기계적 마모가 상아질에까지 가해지면, 구조적 온전성이 상실되고 변색이 발생할 뿐만 아니라 상아질의 과민성(hypersensitivity) 및 치수 노출(pulpal exposure)의 위험성이 증가하여, 회복 치료가 반드시 요구된다. 그런데 한번 회복 치료가 시작되면 계속하여 관리를 받아야 하므로, 비용적으로나 시간적으로나 문제가 될 수 있다. 따라서 치아의 기계적 마모에 대한 초기 진단이 매우 중요하다.

[0003] 치아의 기계적 마모 정도를 평가하기 위하여, 지금까지는 육안 관찰과 임상치관(incisor clinical crown)의 길이 감소를 측정함으로써 수행되었다. 그런데 육안으로 평가하는 방법은, 주로 의사의 임상적 판단을 근거로 상아질의 노출과 잔존하는 법랑질(enamel)의 정도를 측정하고 있어, 그 평가 기준이 정확하거나 일관되지 못하는 단점이 있다. 또한, 임상치관의 길이를 측정하여 치아의 기계적 마모 정도를 평가하는 방법은 구개부(palatal region)나 구치부(posterior tooth region)에서 마모 정도를 평가하는 데에 한계가 있다.

[0004] 이에 따라 프로필로메트리(profilometry), 미세방사선촬영술(microradiography), SEM(scanning electron microscopy) 또는 CAD(computer-aided design)-CAM(computer-aided manufacturing) 레이저 스캐닝 등을 이용하여 치아의 구조를 관찰하고 법랑질의 두께가 감소된 부분이나 마모가 발생하여 상아질이 노출된 부위를 결정하는 시도가 이루어지고 있지만, 이들 장비를 구간에 적용하는 데에 한계가 있으며, 평가를 위하여 상당한 시간이 소요되는데, 얻어지는 이미지의 해상도 또한 매우 낮은 문제점이 있다.

[0005] 최근에는 광 간섭성 단층촬영기술(Optical coherence tomography, OCT)을 치아 구조의 비침습적 관찰을 위한 치과 분야에서 주로 사용되고 있다. 하지만, OCT의 스캐닝 범위는 수 밀리미터에 불과하여, 다양한 치열에서 발생하는 다수의 병변을 동시에 확인하기엔 충분하지 않으며, 즉각적인 이미지 확보의 어려움과 이미지 질이 떨어지는 단점이 있다.

[0006] 이에 따라, 실제 구강 내에서 다양한 위치의 치아들에서 발생하는 기계적 마모 정도를 빠르고, 효과적으로 평가할 수 있는 방법이 요구되고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 정량적 광-유도 형광-디지털법(quantitative light-induced fluorescence digital, QLF-D)을 이용하여 치아의 기계적 마모 정도를 평가하기 위한 정보제공방법을 제공하고자 한다.

[0008] 본 발명의 다른 목적 및 이점은 하기의 발명의 상세한 설명, 청구범위 및 도면에 의해 보다 명확하게 된다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 구현 예에 따르면, 정량적 광-유도 형광(quantitative light-induced fluorescence, QLF)을 이용하여 치아를 촬영하는 단계; 및
- [0010] 치아의 마모가 의심되는 부위의 형광 세기를 측정하는 단계를 포함하는, 치아의 마모 정도를 평가하기 위한 정보제공방법에 관한 것이다.
- [0011] 본 발명은 중절치(앞니), 측절치(앞니), 견치(송곳니), 소구치(작은 어금니), 또는 대구치(큰 어금니)의 다양한 치아에 있어서 마모 정도를 평가할 수 있고, 바람직하게는 저작 또는 악습관 등의 기계적 자극으로 기계적 마모가 발생할 수 있는 견치 또는 구치에 대하여 기계적 마모 정도를 평가하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0012] 본 발명에서 상기 QLF로 치아의 전 부위를 촬영하거나 혹은 마모가 의심되는 부위를 선별하여 촬영할 수 있으며, 촬영 부위를 특별히 제한하지 않으나, 기계적 마모가 주로 발생하는 교합면(occlusal surface) 또는 치경부(cervical area)를 촬영할 수 있다.
- [0013] 일반적으로 치아의 교합면뿐만 아니라 치경부에서도 기계적 마모가 흔히 발생하는데, 그 원인으로는 백악법랑경계부(cementoenamel junction)에서의 경조직 손실이나 교합면의 구조적 불안정으로 인하여 치경부 측으로 스트레스가 가해져 기계적 마모가 발생하게 되며, 심한 경우는 화학적 요인과 더불어 염증 등의 질환을 일으키기도 한다.
- [0014] 본 발명에서는 상기 QLF 촬영 결과, 상기 치아에 마모가 의심되는 부위에서 측정된 형광 세기가 건강한 치아의 대응되는 부위에서 측정된 형광 세기보다 높은 경우, 기계적 마모가 발생한 것으로 판단할 수 있다. 예를 들면, 환자의 구치의 교합면 중 치아의 마모가 의심되는 부위의 형광 세기가, 다른 개체의 건강한, 즉 치아 마모가 발생하지 않은 구치의 교합면의 어느 일 부위의 형광 세기보다 높은 경우, 기계적 마모가 발생한 것으로 판단할 수 있다.
- [0015] 본 발명에서 상기 “대응되는 부위”는, 치아의 각 면으로, 예를 들면, 근심면, 원심면, 순면, 협면, 설면 및 교합면 등에 있어서, 치아의 기계적 마모가 의심되는 부위가 속하는 면, 또는 그 면의 어느 일 부위를 의미하는 것이다.
- [0016] 본 발명에서 상기 “건강한 치아”란 기계적 마모가 존재하지 않거나, 그 존재가 의심되지 않는 치아를 의미하는 것이나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0017] 또한, 본 발명에서는 상기 QLF 촬영 결과, 상기 치아에 마모가 의심되는 부위의 형광 세기가 동일 환자의 어느 일 치아의 협면의 어느 일 부위, 혹은 동일 환자에서 상기 마모가 의심되는 부위를 가진 동일 치아의 협면의 어느 일 부위에서 측정된 형광 세기보다 높은 경우, 기계적 마모가 발생한 것으로 판단할 수 있다. 예를 들면, 환자의 구치의 교합면 중 기계적 마모가 의심되는 부위의 형광 세기가, 동일 환자의 다른 구치의 협면의 어느 일 부위의 형광 세기, 혹은 동일 환자의 동일 구치의 협면(단, 치아의 마모가 발생하지 않은 협면)의 어느 일 부위의 형광 세기보다 높은 경우, 기계적 마모가 발생한 것으로 판단할 수 있다.
- [0018] 본 발명에서 상기 QLF를 이용하는 경우 치아에 미세한 마모적 변화까지 비교적 정확하게 관찰할 수 있으며, 매우 안정적으로 관찰이 가능하다.
- [0020] 본 발명의 다른 구현 예에 따르면, 정량적 광-유도 형광(QLF)을 이용하여 치아를 촬영하는 단계; 및
- [0021] 상기 촬영 후 얻어진 치아의 이미지 중 마모가 의심되는 부위의 명암 값(gray value)을 측정하는 단계를 포함하는, 치아의 마모 정도를 평가하기 위한 정보제공방법에 관한 것이다.
- [0022] 본 발명에서 상기 “명암 값(gray value)”은 QLF로 치아 촬영 후 이미지 소프트웨어(예를 들면, ImageJ(NIH, MD, USA) 등)일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다)로 분석한 결과, 목적하는 부위의 밝기 정도를 나타내기 위한 회색(Gray) 픽셀(화소)값을 의미한다. 일반적인 픽셀 형식은 바이트 이미지(byte image)에 해당하며, 0 내지 255의 범위 내에서 8-비트 정수로 나타낼 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 이때 0은 검정색을 의미하고, 255는 흰색을 의미할 수 있다. 각 값들은 회색의 다양한 음영을 나타낼 수 있다. 본 발명에서 상기 치아 중 마모가 의심되는 부위의 최대 명암 값이 건강한 치아의 대응되는 부위의 최대 명암 값보다 큰 경우, 기계적 마모가 발생한 것으로 판단할 수 있다.
- [0023] 또한, 본 발명에서는 상기 치아 중 마모가 의심되는 부위의 최대 명암 값이 동일 환자의 어느 일 치아의 협면의

어느 일 부위, 혹은 동일 환자의 동일 치아의 협면의 어느 일 부위의 최대 명암 값보다 큰 경우, 기계적 마모가 발생한 것으로 판단할 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명의 일 예시로, 상기 치아 중 마모가 의심되는 부위의 명암 값(G_{worn})을 측정하고, 동일 환자의 어느 일 치아의 협면의 어느 일 부위의 명암 값(G_{sound})을 측정한 뒤 하기 [식 1]에 대입하여 $\Delta G(\%)$ 를 측정할 수 있다.

[0025] [식 1]

$$\Delta G(\%) = \frac{G_{\text{worn}} - G_{\text{sound}}}{G_{\text{sound}}} \times 100$$

[0026]

[0027] 보다 상세하게, 본 발명에서 상기 ' G_{worn} ' 값은 치아 중 마모가 의심되는 일 부위, 예를 들면 치아 교합면 또는 교두의 최대 명암 값일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 본 발명에서 상기 ' G_{worn} ' 값의 측정 시 마모가 의심되는 부위의 면적은 제한되지 않는다.

[0028] 또한, 본 발명에서 상기 ' G_{sound} ' 값은 동일 환자의 어느 일 치아의 협면의 어느 일 부위의 최대 명암 값일 수 있으며, 바람직하게는 동일 환자의 1~8개의 치아(바람직하게는 구치일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.)의 협면의 최대 명암 값의 평균 값일 수 있고, 보다 바람직하게는 동일 환자의 1~8개의 치아의 각 협면의 1~5 부위에 대한 최대 명암 값의 평균 값일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 단, 본 발명에서 상기 ' G_{sound} ' 값 측정 시 마모가 의심되는 부위를 갖는 치아의 협면을 대상으로 측정할 수 있으나, 그 경우 측정 부위는 마모가 의심되는 부위는 제외한다.

[0029] 본 발명에서 상기 ' G_{sound} ' 값이 측정되는 부위의 면적 또한 특별히 제한하지 않으나, 예를 들면 치아의 협면 중 직경이 0.5 내지 2mm의 원형 부위를 대상으로 측정할 수 있다.

[0030] 본 발명의 일 예시로, 상기 [식 1]에 의해 얻어진 $\Delta G(\%)$ 가 3 내지 24%, 4 내지 23%, 5 내지 20%, 6 내지 20%, 또는 7 내지 20%인 경우 상기 마모가 의심되는 부위에 기계적 마모가 발생하였으나, 범랑질이 잔존하는 것으로 판단할 수 있다.

[0031] 본 발명의 일 예시로, 상기 [식 1]에 의해 얻어진 $\Delta G(\%)$ 가 20 내지 50%, 20 내지 45%, 21 내지 43%, 22 내지 40%, 또는 23 내지 40%인 경우 상기 마모가 의심되는 부위에 기계적 마모로 인하여 상아질이 노출되거나, 노출된 상아질에 기계적 마모가 발생한 것으로 판단할 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 예시로, 상기 [식 1]에 의해 얻어진 $\Delta G(\%)$ 가 0 미만이거나, 0 이상 10% 이하인 경우 상기 마모가 의심되는 부위의 치아 마모 인덱스(tooth wear index, TWI; Br Dent J. 1984; 156:435-438.)가 0에 해당하는 것으로 판단할 수 있다.

[0033] 또한, 본 발명의 일 예시로, 상기 [식 1]에 의해 얻어진 $\Delta G(\%)$ 가 10% 초과 20% 이하인 경우 상기 마모가 의심되는 부위의 치아 마모 인덱스(tooth wear index, TWI)가 1에 해당하는 것으로 판단할 수 있다.

[0034] 또한, 본 발명의 일 예시로, 상기 [식 1]에 의해 얻어진 $\Delta G(\%)$ 가 20% 초과 35% 이하인 경우 상기 마모가 의심되는 부위의 치아 마모 인덱스(tooth wear index, TWI)가 2에 해당하는 것으로 판단할 수 있다.

[0035] 또한, 본 발명의 일 예시로, 상기 [식 1]에 의해 얻어진 $\Delta G(\%)$ 가 35% 초과 60% 이하인 경우 상기 마모가 의심되는 부위의 치아 마모 인덱스(tooth wear index, TWI)가 3에 해당하는 것으로 판단할 수 있다.

[0036] 본 발명에서 "평가"란 병리 상태의 존재 또는 특징을 확인하는 것을 말하며, 특정 질병 또는 질환에 대한 한 객체의 감수성을 판정하는 것, 한 객체가 특정 질병 또는 질환을 현재 가지고 있는지 여부를 판정하는 것, 특정 질병 또는 질환에 걸린 한 객체의 예후를 판정하는 것을 포함한다.

발명의 효과

[0037] 본 발명에서는 정량적 광-유도 형광-디지털법을 이용하여 비교적 정확하고 신속하게 치아의 기계적 마모 정도를 평가할 수 있어, 치아에 기계적 마모가 발생하는 것을 예방, 진단 및 치료할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0038] 도 1은 실험예 1에서 각 치아 시료의 그라인딩 깊이를 측정하는 원리를 개략적으로 설명한 것이다.
- 도 2는 실험예 1에서 연속적 치아 그라인딩 중 치아의 QLF-D 백색광 사진, QLF-D 형광 사진 및 SS-OCT 사진을 나타낸 것이다.
- 도 3은 실험예 1에서 치아의 그라인딩 깊이에 따른 MB 값의 변화를 그래프로 나타낸 것이다.
- 도 4는 실험예 1에서 잔류 법랑질의 두께에 따른 MB 값의 변화를 그래프로 나타낸 것이다.
- 도 5는 실험예 2에서 치아 시료에 대하여 QLF-D 촬영 방법을 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 6은 실험예 2에서 치아 시료의 QLF-D 백색광 사진, QLF-D 형광 사진 및 QLF-D 8-비트 그레이스케일(grayscale) 이미지 사진을 나타낸 것이다.
- 도 7은 실험예 2에서 법랑질이 잔존하는 치아군과, 상아질에 기계적 마모가 발생한 치아군에서 평균 $\Delta G(\%)$ 값을 그래프로 나타낸 것이다.
- 도 8은 실험예 2에서 치아 시료의 TWI Code 군별 QLF-D 백색광 사진, QLF-D 형광 사진 및 OCT 단면 사진을 나타낸 것이다.
- 도 9는 실험예 2에서 TWI Code 군별 평균 $\Delta G(\%)$ 값을 그래프로 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로서, 본 발명의 요지에 따라 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

[0041] 실시예

[0043] [실시예 1]

[0044] 1. 시료의 준비 및 치아의 단계적 그라인딩(grinding)

- [0045] 교합면(occlusal surface) 상에 우식 병변이나 침식이 없는 16개의 영구치를 준비하였다. 교합면의 연속적 그라인딩을 통해 인공적인 기계적 마모를 유도하였다. 치아 주변 구조로 인하여 OCT 이미지가 뒤뜰어지는 현상을 막기 위하여, 그리고 이미지 분석을 용이하게 하고자 설측 교두(lingual cusps) 보다는 협측 교두(buccal cusps)가 잘 발달된 영구치를 선별하였다(주로 설측 교두가 덜 발달된 하악의 첫 영구치와 상악골의 첫 영구치에 해당). 아크릴 수지(Jet™ Tooth Shade; Lang Dental Manufacturing Co., Inc., Wheeling, Illinois)를 사용하여 치아를 아크릴 몰드에 고정하였다. 그라인딩 각도를 확인하고, 과잉의 치아 마모를 막기 위하여, 원통형의 아크릴 바를 치아 옆에 부착하였다. 상아사기질연결(dentino-enamel junction, DEJ) 선으로부터 법랑질의 근접 영역의 교두의 측정 부분을 위치시키고 선별하기 위하여 SS-OCT, 프로토타입 시스템(prototype system) (LG Electronics Inc., Seoul, Republic of Korea)을 사용하였다. 도 1에서 보는 바와 같이, 치아의 교두의 최상점으로부터 측정 부분까지의 거리는 디지털 캘리퍼스(digital calipers)를 이용하여 측정하였고, 상기 교두 최상점을 “0”으로 설정하였다. 400-그릿 그라인딩 페이퍼(400-grit grinding paper)를 사용하여 정점 방향(apical direction)에서 각 치아의 교합면을 그라인딩 하였다. 그라인딩 깊이는 같은 측정 위치로부터의 길이를 연속적으로 측정하며 나타내었고, 그 길이가 처음 설정된 “0” 지점으로부터 “-100 μm ”에 해당할 때, QLF와 OCT 이미지를 촬영하였다. 상아질이 노출될 때까지 그라인딩을 수행하였다.

[0047] 2. 정량적 광-유도 형광법 및 광 간섭성 단층 촬영 이미지의 획득

- [0048] 각 측정 위치에서 QLF-D Biluminator™2+ system (Inspector Research Systems BV, Amsterdam, The Netherlands)를 이용하여 교합면의 형광 이미지를 촬영하였다. 시료 마다 시료와 QLF-D의 위치는 동일하게 고정

시킨 뒤 이미지를 촬영하였다. 또한, OCT를 이용하여 교두 최상점에서의 개별 치아의 협면(바깥면, 볼쪽)과 설면(안쪽, 혀쪽)을 잇는 단면 사진을 촬영하였다.

3. 이미지 분석

ImageJ 소프트웨어 프로그램 버전 1.50i (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland)를 이용하여 상기 2.에서 촬영한 이미지를 분석하였다. QLF-D로 촬영하여 얻어진 형광 이미지는, 밝기(명암 값)를 측정하여 형광 세기를 계산하기 위해, 8-비트 그레이 스케일 이미지로 변환하였다. 각 치아에서 관심 영역(area of interest, AOI)의 형상 및 면적 등은 되도록 동일하게 설정하였다. 이러한 부위는 그레이 스케일에서 형광 세기가 변화하는 부위를 포함하도록 하였다. 즉, 마모가 발생한 표면에서의 형광 세기의 변화가 발생하는 모든 지역을 포함하기 위하여, AOI는 그라인딩을 완료한 후 얻은 최종 이미지를 근거하여 설정하였다. 각 그라인딩 깊이에서 형광 세기의 변화를 확인하기 위하여, AOI에서 최대 밝기 값, 즉 최대 명암 값(MB)을 측정하였다. 교두 최상점에서 AOI의 MB 값($MB_{baseline}$)과, 이로부터 100 μm 씩 깊어진 깊이에서 AOI의 MB 값(MB_{worn})을 측정한 뒤, 평균 $MB_{baseline}$ 값 및 평균 MB_{worn} 값을 계산하였다.

잔존하는 법랑질의 두께에 따른 형광 세기의 변화를 분석하기 위하여 회고 분석(retrospective analysis)을 수행하였다. 그라인딩 과정을 마친 후, 모든 치아에서 상아질 노출점을 "0 μm "로 설정하고, 0 μm (상아질 노출점)로부터 600 μm 의 두께까지 100 μm 두께마다 평균 MB 값(MB_{enamel})을 측정하였다. 모든 치아 샘플에서 상아질이 노출되기 위한 최소 그라인딩 깊이는 600 μm 에 해당하였다. 따라서, 계산된 법랑질의 두께 범위는 0 내지 600 μm 에 해당하였다.

4. 결과

도 2는 연속적 치아 그라인딩 과정 중에서 SS-OCT 및 QLF-D 이미지를 촬영한 결과를 나타낸 것이고, 도 3은 그라인딩 깊이에 따른 MB 값의 변화, 도 4는 잔류 법랑질의 두께에 따른 MB 값의 변화를 측정한 것이다. MB 값의 변화는 총 13명 환자의 샘플의 평균 값을 나타낸 것이다.

그 결과, 도 2에서 보는 바와 같이 치아의 기계적 마모 정도가 심할수록 마모 부위의 형광 세기가 강해지는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 도 3에서 보는 바와 같이 MB 값(MB_{worn}) 또한 그라인딩 깊이에 비례하여 증가하였고(상관 계수 $r = 0.922$ 내지 0.997 , $P < 0.001$), 특히 그라인딩 깊이가 200 μm 를 초과하는 경우 $MB_{baseline}$ 과 MB_{worn} 값의 차이가 더욱 현저해 지는 것을 확인할 수 있었다($P < 0.05$). 또한 도 4에서 보는 바와 같이, MB 값(MB_{enamel})은 법랑질의 두께와 음의 상관 관계(상관 계수 $r = -0.870$ 내지 -0.992 , $P < 0.05$)를 보였다. 특히 법랑질의 두께가 각각 0 μm , 100 μm 및 200 μm 일 때 MB 값의 차이가 매우 큰 것을 확인할 수 있었다($P < 0.01$). 구체적으로는 법랑질의 두께 범위가 600 내지 200 μm 일 때 MB_{enamel} 의 평균 증가 속도는 4.00%인 반면, 법랑질의 두께 범위가 200 μm 내지 상아질이 노출할 때까지인 경우 MB_{enamel} 의 평균 증가 속도는 6.51%에 해당하였다.

[실험예 2]

1. 시료의 준비

교합면 부위에 치아의 기계적 마모가 의심되는 영구치(어른 치아) 중 소구치(작은 어금니) 및 대구치(큰 어금니) 96개를 준비한 뒤 치아 마모가 의심되는 부위를 관심 영역(area of interest, AOI)으로 설정하고, Smith 및 Knight에 의한 치아 마모 인덱스(TWI; Tooth wear index from An index for measuring the wear of teeth, Br Dent J. 1984; 156:435-438.)의 기준(표 1)에 따라 각 치아의 마모 정도를 평가 및 분류하였다.

표 1

TWI(Tooth wear index)	
Code 0	법랑질 표면 상실(loss) 없음

Code 1	법랑질 표면 상실(loss)
Code 2	상아질의 노출이 있으며, 전체 표면의 1/3 이하에서 법랑질 상실
Code 3	상아질의 노출이 있으며, 전체 표면의 1/3 이상에서 법랑질 상실

2. 정량적 광-유도 형광법 및 광 간섭성 단층 촬영 이미지의 획득

도 5에서 보는 바와 같이, QLF-Digital(QLF-D) Biluminator™2+ system (Inspector Research Systems BV, Amsterdam, The Netherlands)를 이용하여 AOI의 형광 이미지를 촬영하였다. 또한, OCT(prototype, LG Electronics Inc., Seoul, Republic of Korea)를 이용하여 교두 최상점에서의 협면-설면을 잇는 단면 사진을 촬영하였다.

3. 이미지 분석

ImageJ 소프트웨어 프로그램 버전 1.50i (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA)를 이용하여 상기 2.에서 촬영한 QLF 및 OCT 이미지를 분석하였다.

도 6은 상기 1.에서 준비한 어느 일 치아 시료를 QLF-D로 촬영한 백색광(white-light) 사진 및 형광 사진(①)과, 이로부터 변환시킨 8-bit 그레이스케일(grayscale) 이미지 사진(②)을 나타내었다.

상기 이미지 분석 결과를 토대로, 교합면에 기계적 마모가 의심되는 부위인, AOI의 최대 그레이 값(G_{worn})을 측정하고, 기계적 마모가 발생하지 않은 협면의 어느 일 부위에 대하여 최대 그레이 값(G_{sound})을 측정한 뒤, 하기 [식 1]에 따라 $\Delta G(\%)$ 값을 측정하였다(③).

$$\Delta G(\%) = \frac{G_{\text{worn}} - G_{\text{sound}}}{G_{\text{sound}}} \times 100$$

4. 통계적 분석

$\Delta G(\%)$ 와 에나멜 두께 사이의 상관관계는 Spearman 서열 상관(ρ) 실험 값으로 나타내었고, 비-상아질 노출 및 상아질 노출 그룹 사이 차이는 Mann-Whitney 실험에 의하였다.

5. 결과

(1) 법랑질의 깊이와 $\Delta G(\%)$ 의 상관 관계

총 96개의 치아 시료에서 법랑질이 잔존하는 치아는 57개였고, 상아질에 기계적 마모가 발생한 치아는 39개로 확인되었다. 이들 두 군 각각에 있어서, $\Delta G(\%)$ 의 평균 값을 계산하여 그 결과를 하기 표 2 및 도 7에 나타내었다. 단, 표 2 및 도 7의 데이터는 총 3회 QLF 촬영 후 얻어진 최대 명암 값을 기초로 $\Delta G(\%)$ 을 측정한 뒤 이들 평균 값으로 나타내었다.

표 2

구분	기계적 마모의 유형(N)		P
	법랑질 잔존 치아(57)	상아질 기계적 마모 치아(39)	
$\Delta G(\%)$	12.35	30.93	<0.001

[0082] 상기 표 2 및 도 7에서 보는 바와 같이, 법랑질이 잔존하는 치아에서는 평균 ΔG 값이 12.35% 정도로 측정되었지만, 이보다 기계적 마모 정도가 심하여 상아질이 노출되고, 그 노출된 상아질에도 기계적 마모가 발생한 치아에서는 평균 ΔG 값이 30.93%로 현저히 높은 값을 나타내었다.

[0083] 이를 통하여 치아의 기계적 마모 정도가 심해질수록 ΔG 값이 증가하는 것을 알 수 있었고, 상기 결과를 토대로 ΔG 값이 법랑질 잔존 여부, 혹은 상아질 노출 여부를 예측하는 데에 표준화된 기준으로 활용할 수 있음을 알 수 있었다.

[0085] (2) TWI와 $\Delta G(\%)$ 의 상관 관계

[0086] 상기 총 96개의 치아 시료를 TWI로 분류한 결과, TWI Code 0는 13개; Code 1은 40개; Code 2는 35개; Code 3는 8개로 분류할 수 있었다. 각 TWI Code 군별 대표적 시료의 백색광 사진, QLF 사진 및 OCT 단면 사진을 도 8에 나타내었다.

[0087] 도 8에서 보는 바와 같이 기계적 마모 정도가 심하여 TWI Code가 높게 측정될수록 QLF 이미지 사진에서 마모 부분의 형광 세기가 강해지는 것을 확인할 수 있었다.

[0088] 또한, TWI Code 군 별로 $\Delta G(\%)$ 의 평균 값을 계산하여 그 결과를 하기 표 3 및 도 9에 나타내었다. 단, 표 3 및 도 9의 데이터는 총 3회 QLF 촬영 후 얻어진 최대 명암 값을 기초로 $\Delta G(\%)$ 을 측정한 뒤 이들 평균 값으로 나타내었다.

표 3

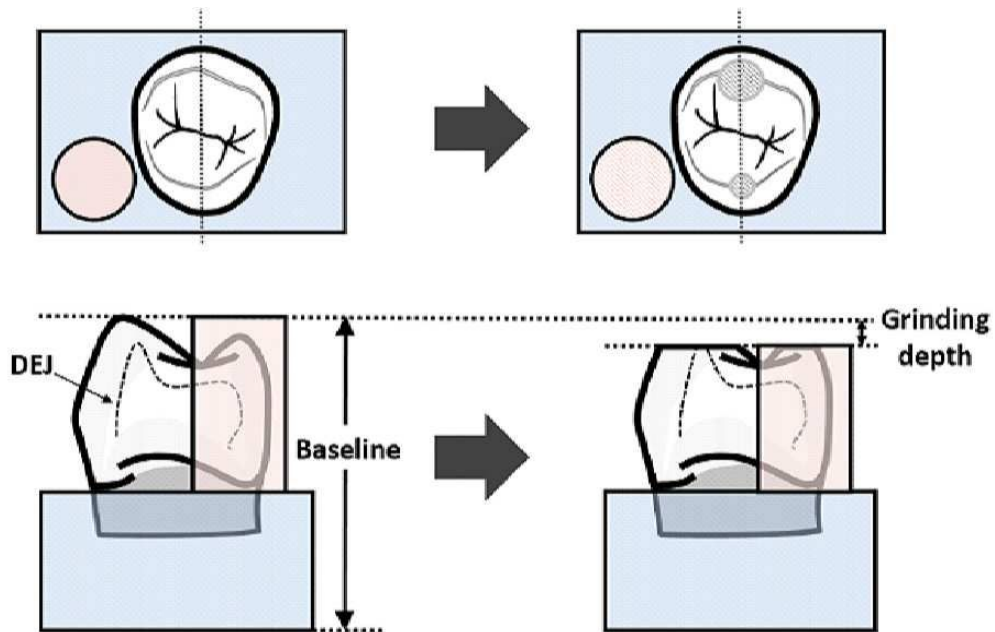
구분	TWI Code(N)				P
	0(13)	1(40)	2(35)	3(8)	
$\Delta G(\%)$	5.38	13.29	29.23	44.40	<0.001

[0092] 상기 표 3 및 도 9에서 보는 바와 같이, TWI Code 0으로 분류된 군에서 중위수 ΔG 값은 5.38%, TWI Code 1로 분류된 군에서 중위수 ΔG 값은 13.29%, TWI Code 2로 분류된 군에서 중위수 ΔG 값이 29.23%, 마지막으로 TWI Code 3으로 분류된 군에서 중위수 ΔG 값은 44.40% 정도로 측정되었다. 즉, 치아의 기계적 마모 정도가 심해질수록 ΔG 값이 증가하는 것을 확인할 수 있었고, 상기 결과를 토대로 ΔG 값이 TWI Code 예측에 표준화된 기준으로 활용할 수 있음을 알 수 있었다.

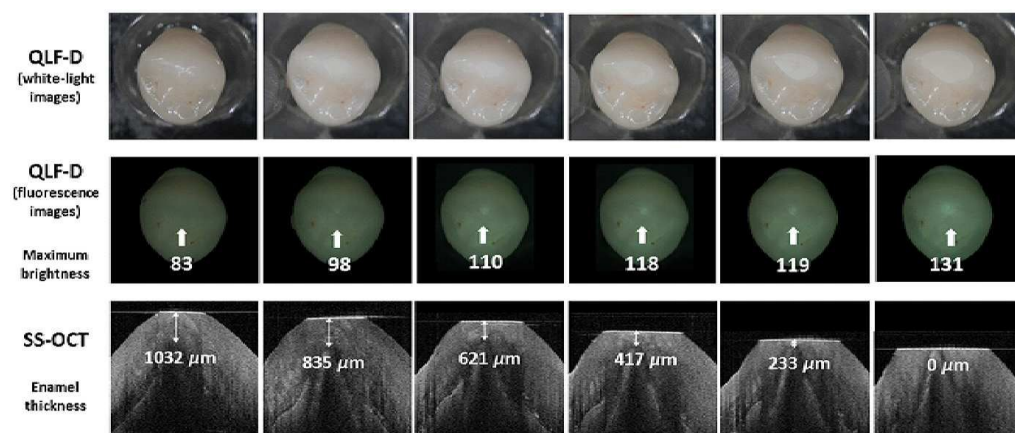
[0093] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능하다는 것은 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게는 자명할 것이다.

도면

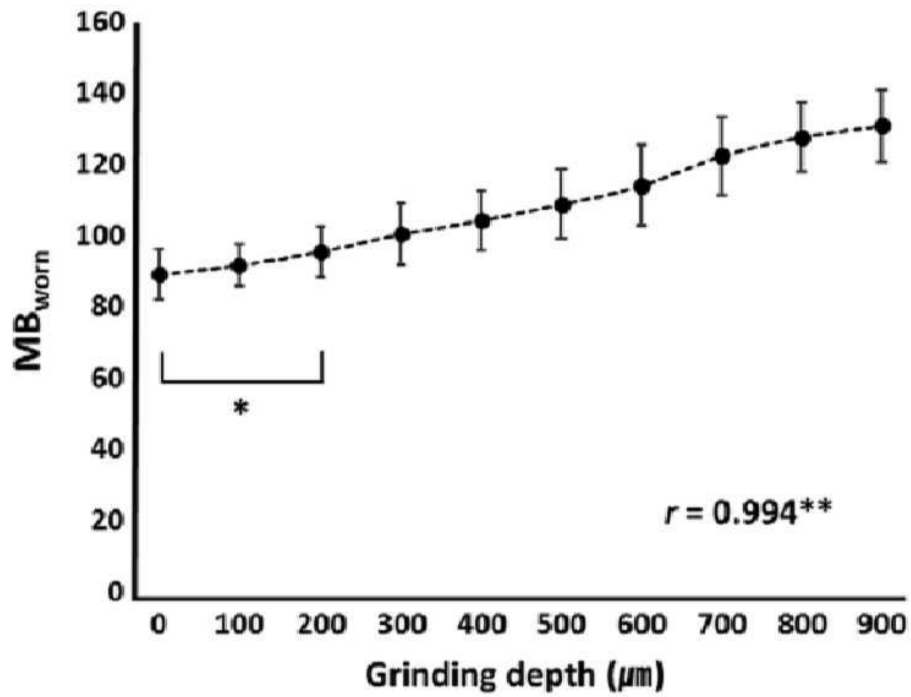
도면1



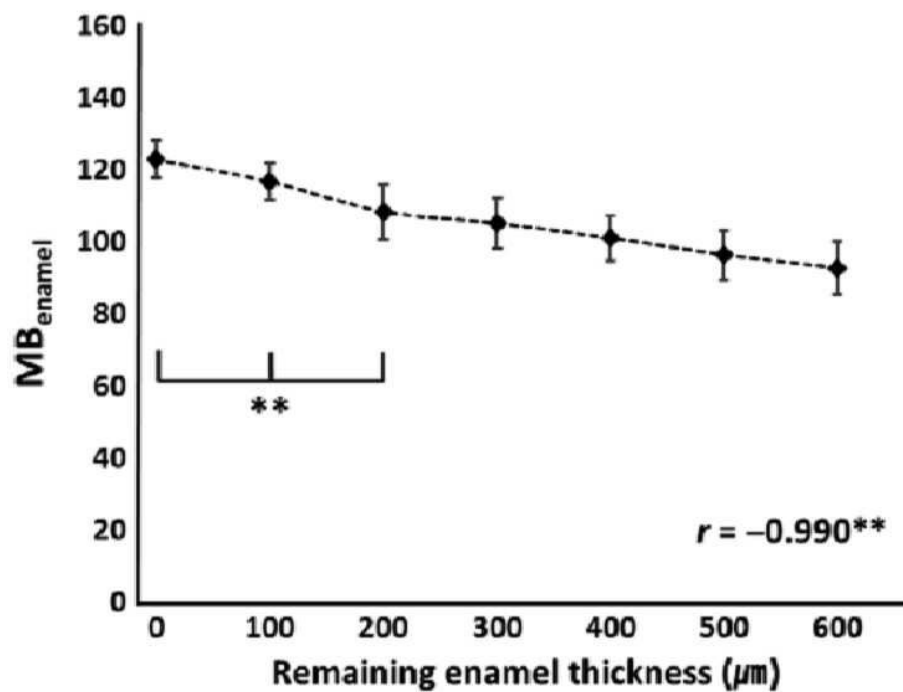
도면2



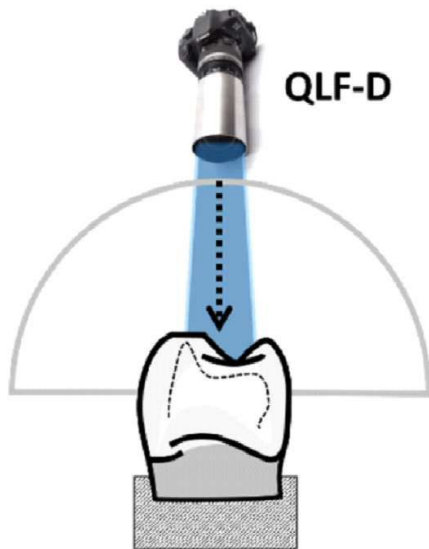
도면3



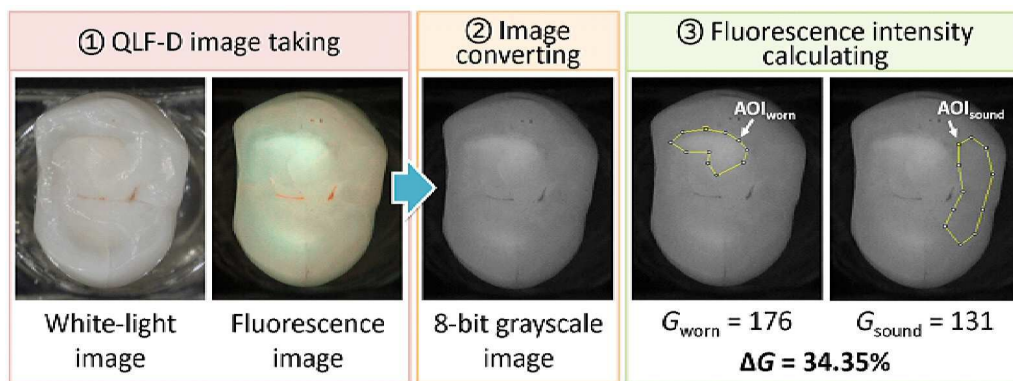
도면4



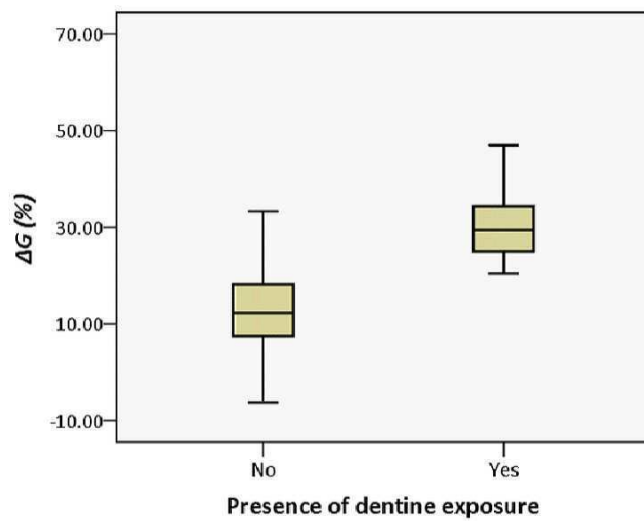
도면5



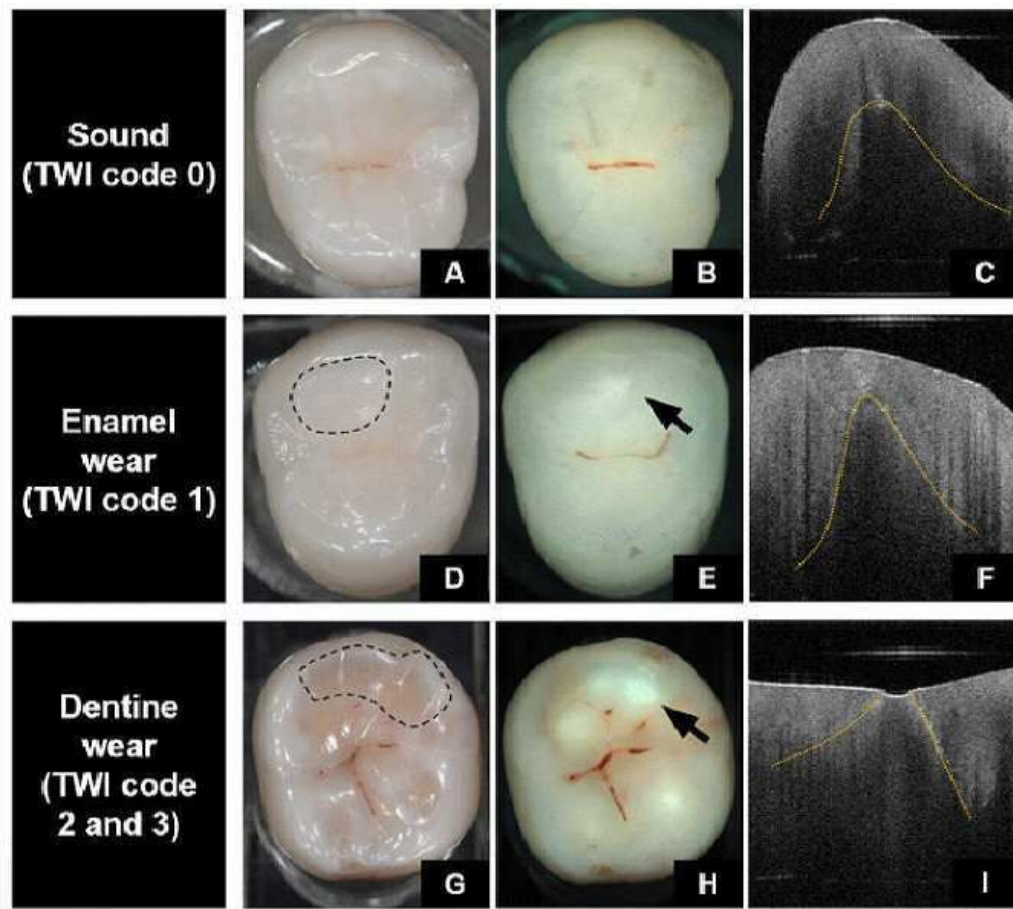
도면6



도면7



도면8



도면9

