

2. 자연치의 발색성에 영향을 미치는 인자

우선 자연치는 투명층, 반투명층, 불투명층에 의한 삼차원적인 그라데이션으로 이루어지는 매우 복잡한 색구조가 된다. 그리고 각 층은 치아의 구조 차이에 따라 색조나 광학 특성도 다르다. 그리고 자연치의 색조는 시간이 지나면서 변화하여 그 발색 양상도 똑같이 변화를 보인다. 여기서는 자연치의 색조에 영향을 미치는 발색 인자(그림 2-2-2)에 대해 다루고, 그 영향과 응용에 대하여 설명하고자 한다.

- ① 에나멜·상아질의 불투명도
- ② 형광성
- ③ 에나멜의 투명도와 오팔 효과
- ④ 상아질의 색
- ⑤ 표면 광택도 등

그림 2-2-2. 자연치의 발색성에 영향을 주는 인자.

형광성

자연치의 형광성을 확인하는 수단으로서 UV 라이트 하에서 창백하게 발광하는 모습을 확인할 수 있다. 자연치는 특히 상아질층이 발광하며 절단결절(mamelon)에서도 똑같이 반응한다(그림 2-2-3).

그러나 실제로 이러한 특수한 환경에서의 영향이 아니라, 태양광이나 다른 광원으로부터의 자외선에 의한 자연치에 대한 색의 영향을 고려해야 한다. 여기에서 형광성이 가지는 성질을 정리해 보자. 우선 형광이란 자외선을 가시광선으로 변환하는 성질(photoluminescence)을 가지며, 형광성을 포함하지 않는 일반 색보다 강한 가시광선을 방출하여 반사와 합쳐져 선명하게 색을 낸다.^{3,4} 또한 형광색과 일반색(형광성을 포함하지 않는 색)을 비교했을 때 형광색은 일반색보다 시인 거리(visibility distance)에서 뛰어나므로, 시인 거리에 2배 이상의 차이가 생긴다.^{5,6} 그리고 형광성을 포함하는 물체는 자외선을 포함하여 흡수한 빛에너지의 파장을 바꾸어 일반적인 반사광과 합쳐 반사하는 성질을 가지며 높은 명도와 채도를 나타낸다.⁷ 그 효과를 극단적으로 비유하면, 형광 성분이 많이 포함되는 의류나 물체가 유난히 눈길을 끄는 것은 이러한 이유로 생기는 현상이다. 그

리고 태양광의 자외선 또는 단파광으로 인해 발색하는 것으로, 그 형광성이 강할수록 자외선을 포함하는 태양광 아래에서는 뿌옇게 흐려 보이는 등 물체의 투명도에도 영향을 미친다. 예를 들어, 천연 다이아몬드는 형광성을 포함하는데, 형광성을 많이 포함하면 다이아몬드의 투명도가 낮아지므로 상품 가치가 떨어진다고 한다.⁸ 또한 실내 환경의 광원에서는 형광등이나 LED 조명이 일반적이지만, LED 조명의 대부분은 자외선을 발생시키지 않는 구조이다.

이러한 성질로부터 형광성은 이른바 색의 발색성을 크게 좌우하는 광학적인 물성이며, 자연치에서도 그 영향은 크다고 생각한다. 그리고 자연치와 같은 발색을 재현하기 위해서는 본래 자연치에 보이는 적절한 위치에 적절한 형광성을 부여하면서 적층 구성을 할 필요가 있지만, 치과 수복 재료는 불투명도가 높은 재료일수록 형광성이 많이 함유되는 경향이 있다(그림 2-2-4). 자연치는 광원의 종류에 따라 자기도 모르는 사이에 미세하게 그 색조를 변화시키고 있는 것을 알 수 있는데, 형광성은 틀림없이 치과 수복장치에 생명감을 부여하는 중요한 역할을 담당하고 있다고 생각한다.

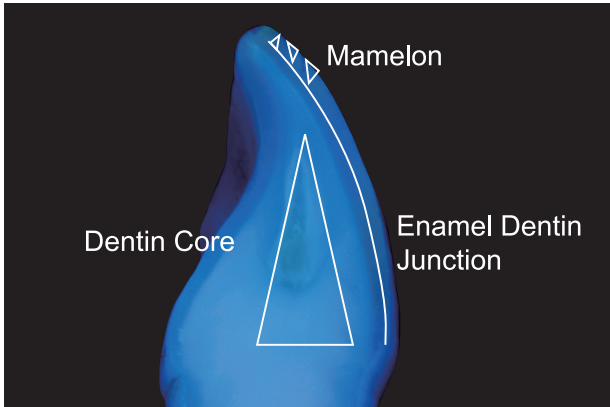


그림 2-2-3. 자연치 구조에서 볼 수 있는 발광 부위. 핵이 되는 상아질 부위와 mamelon의 발광을 확인할 수 있다.

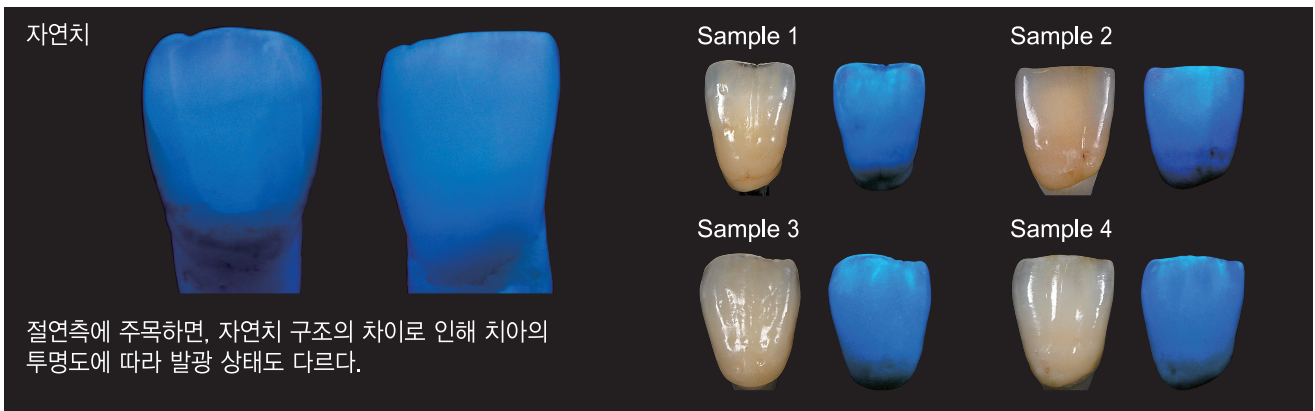


그림 2-2-4. 자연치의 발광을 의식하여 제작한 샘플. 자연치에 보이는 불규칙한 발광 상태를 재현할 수 있다.

불투명성과 형광성의 관계

자연치의 발색 인자 중에서도 상아질이 가지는 불투명도는 자연치의 발색성에 가장 큰 영향을 주며, 치아의 명도와 밀접하게 관련된다. 또한 앞서 이야기한 것처럼 형광성은 명도를 끌어올리는 특성을 가지므로 상아질의 불투명성을 보조하는 형태로 발색성을 향상시키고 있다고 생각한다.

UV 라이트 하에서 발거 치아를 관찰했더니, 자연치 발색에는 하나의 규칙이 있어 불투명층의 불투명도가 높아짐에 따라 강한 형광을 발하는 것을 알 수 있었다(그림 2-2-5). 또한 0.4mm로 얇게 슬라이스 컷 한 발거 치아를 확인해도 형광성을 가지는 불투명층은 더욱 강력하게 발색하고 있는 것을 엿볼 수 있다(그림 2-2-6).

이렇게 치아에 보이는 광원색은 에나멜층 내부의 불투명층으로부터 나타나고 있다(그림 2-2-7). 따라서 자연치와 유사한 발색 기구를 재현하기 위해서는 자연치색에 준하여 적절하게 불투명도 조절(opacity control)과 형광성 조절(fluorescent control)을 할 필요가 있다.

최근 리튬디실리케이트와 지르코니아를 사용한 monolithic restoration이 급증하여 익스터널 스테인(external stain) 후에 형광성을 함유한 글레이즈 페이스트를 사용하여 코팅하는 방법이 많이 사용된다. 그중에서도 지르코니아를 사용한 monolithic restoration에서는 조금 주의가 필요해진다. 본래 높은 강도를 가지는 초기의 지르코니아는 매우 불투명하며, 고투광성 지르

그림 2-2-5. 불투명층과 형광성의 관계. 불투명 부위일수록 심한 형광성을 확인할 수 있다.

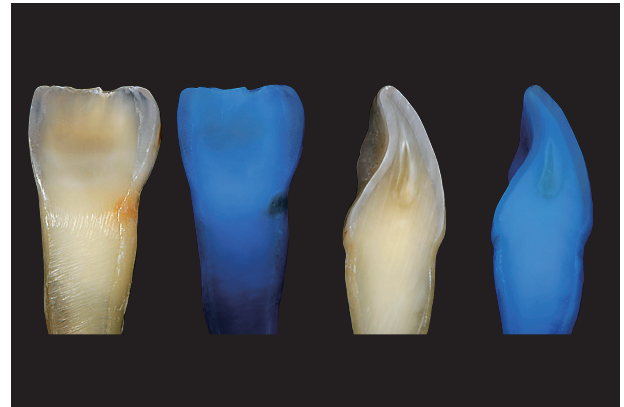


그림 2-2-6. 0.4mm로 슬라이스 컷 한 발거 치아. 0.4mm라는 얇은 조각이지만 불투명층을 주의해서 보면 매우 강한 발색 상태를 나타내고 있다.



그림 2-2-7. 오른쪽은 상아질을 깎아내 법랑질만 남긴 상태. 법랑질의 형광성은 매우 미약한 것을 확인할 수 있다.

코니아를 제외하고 지르코니아의 불투명도에 의존한 발색 양상이 된다. 일부 지르코니아 제품에서는 형광성을 함유하는 것도 존재하지만, 기본적으로는 지르코니아가 가지는 불투명도에서 충분한 발색을 얻을 수 있다고 생각한다. 그러나 불투명도가 너무 높은 지르코니아를 선택하면 monolithic restoration에서는 색조 재현의 면에서 너무 난해할 것이다. 이것은 지르코니아가 가지는 불투명도에 따른 높은 광반사성으로부터 익스터널 스테이닝에 의한 색조 부여의 효과가 열어져 버리기 때문이다(Chapter 2-5 참조).

자연치의 연령 증가에 따른 변화

다음으로 연령 증가에 따른 자연치의 색조 변화에 대해 다루고자 한다.

청년층의 입매는 밝고 건강하고 치아의 색이나 형태의 시각적인 이미지가 확실히 남는 데 비해, 노년층의 입매는 어둡고 치아의 시각적 이미지가 잘 남지 않는다는 느낌을 받은 적이 있을 것이다. 당연하지만 자연치는 연령 증가와 개인의 생활 습관에 따라 착색·변색·실활·교모 등 시간이 지남에 따라 변화해 간다. 또한 연령 증가로 인한 자연치의 색조 변화 경향을 살펴보면 에나멜·상아질의 투명도가 증가하여 전체적인 명도 저하와 함께 채도가 높아지는 경향이 있다.

그럼 치아의 광학적인 특성은 어떻게 변화하는지 그 경향을 알아보자. 발거 치아 중에서 청년층·중년층·노년층의 전형적인 치아를 선택하여 각각이 나타내는 색

(물체색·광원색)으로부터 연령 증가에 따른 치아의 광학적인 색조의 변화를 관찰하였다(그림 2-2-8). 그 결과, 치아에는 각각 구조적인 차이가 존재하지만, 투과광 하에서는 치아의 연령 증가에 따른 투명도 상승으로 인해 탈광현상이 많이 나타났다. 또한 절연에서 오판 효과의 변화와 UV 라이트 하에서의 형광성을 확인했더니, 이들의 광학 특성은 연령 증가와 함께 감퇴하는 경향이였다.

이러한 관찰로부터 자연치의 연령 증가 현상은 광학적인 색조에도 영향을 미치며 상아질의 불투명도 저하에 따라 형광 특성도 약해지는 것으로부터 불투명도와 형광성에는 상관관계가 입증된다. 이들의 광학적인 변화 경향을 색조 표현에 도입하는 것으로 더욱 합리적인 발색 조절이 가능해지지 않을까?

표면 광택도(Luster control)

마지막으로 표면 광택도의 차이가 주는 발색에 대한 영향을 다루어 본다. 우선 물체 표면의 광택도는 빛의 반사율이나 각도를 바꾸는데, 광택도가 높을수록 거울 반사에 가까운 각도로 반사하고, 광택도가 낮아질수록 빛이 확산 반사한다. 이것은 경면 연마된 유리나 불투명한 유리를 연상하면 이해하기 쉽다. 이러한 특성의 차이는 명확하며, 표면의 확산 반사가 증가하는 것으로 투명감이 탁해지고 불투명도가 높아진 것 같은 질감에 전체적으로 밝기도 더해진 것 같은 현상이 일어난다(그림

2-2-9). 이 현상은 확산 반사를 이용한 치아 미백 등에서도 응용된다. 임상에서 목표 치아와 동등하게 광택도를 맞출 필요가 있는데, 이것은 표면 광택도가 빛의 반사 양상에 영향을 주기 때문이다. 자연치와 같은 적층 구조의 경우 에나멜의 표층이 흐려짐에 따라 결과적으로 색조에까지 영향을 미치게 된다. 또한 이 구조를 이해하는 것으로 세라믹 표면의 광택도를 조절하고, 동시에 발색이나 색조를 조절하는 하나의 방법이 된다.

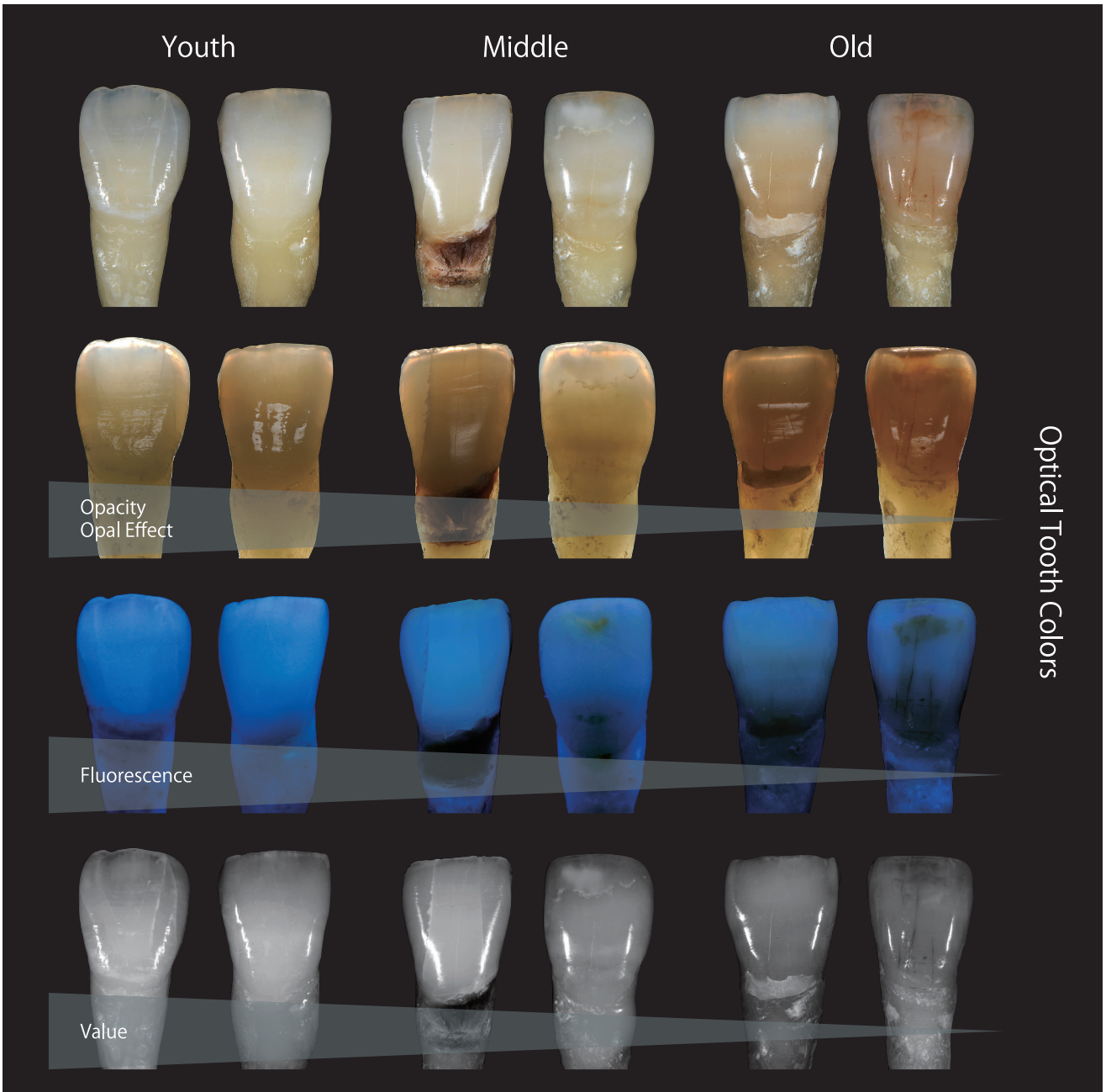


그림 2-2-8. 연령 증가에 따른 치아의 발색 경향. 치아의 구조적 차이는 당연하지만, 투과광 하에서는 연령 증가에 따라 치아가 투명화하고 상아질층은 호박색으로도 변화하고 있다. 또한 형광 특성·오팔 효과 등의 광학 특성은 연령 증가에 따라 감퇴하는 경향이 있다.

그림 2-2-9a, b. 표면 광택도와 색조의 확인. 높은 투명도의 프레스 세라믹을 사용하여 글레이즈 페이스트로 마무리한 0.6mm의 라미네이트 비니어를 표본(specimen)으로 준비했다. a는 광택을 내고 얼마까지 했지만, b는 글레이즈 처리 후에 Shofu 실리콘 호일 PB(Shofu)를 사용하여 임상적 허용 범위 내에서 윤기를 떨어트렸다. 이 두 표본을 확인하면 a에 비해 b는 약간 명도가 증가한 것처럼 보인다.



3. 자연치와 수복 재료의 차이

다음으로 자연치의 광학 특성을 근거로, 각종 치관 수복 재료의 임상적인 고찰을 하고자 한다. 우선 오늘날의 심미 수복 치료의 기반이 되고 있는 올세라믹 수복의 최대 장점은 적절한 투광성과 지대치색을 반영하는 특성으로부터 더욱 자연스러운 심미 수복 치료가 가능하다는 것이다. 또한 오늘날 각종 지르코니아를 포함하는 파인 세라믹이나 리튬디실리케이트를 주성분으로 한 프레

스 세라믹이 널리 이용되고 있는데, 이러한 재료의 특성이 어떻게 색조 재현에 반영되고 있는지 몇 가지 실험을 했다. 여기에서는 지대치 형성된 발거 치아(그림 2-2-10)를 사용하여 각각 투광성이 다른 세라믹(그림 2-2-11)으로 피복하여, 자연치의 광학 특성이 어느 정도 수복물에 반영되어 있는지를 확인하였다.



그림 2-2-10a, b. 지대치 형성된 발거 치아를 실험에 이용했다. 형성 후의 지대치로부터 강한 형광성 발색을 확인할 수 있다.

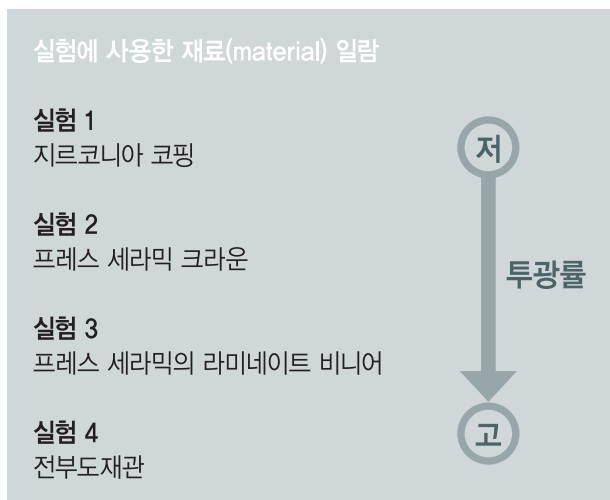
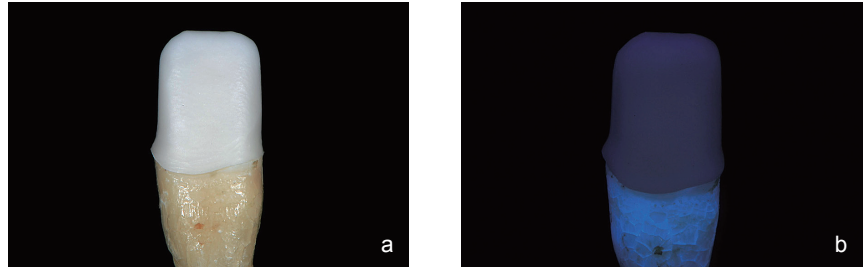


그림 2-2-11. 실험에 사용한 재료.

실험 1: 지르코니아 코핑으로 피복한 경우

그림 2-2-12a, b. 0.2mm의 지르코니아 코핑을 장착. 자연치의 광원색을 차단하고 있다.



0.2mm의 두께로 조정하여 투광성을 높인 지르코니아 코핑을 지대치에 장착하여 자연치 색조(광원색)의 반영을 관찰했다. 여기에서는 형광성이 없는 지르코니아를

사용했다. 얇게 하여 투광성을 높이는 것으로 지대치로부터의 광원색 반영을 기대했지만 자연치로부터의 발색은 차단되었다(그림 2-2-12).

실험 2: 프레스 세라믹 크라운(IPS e.max Press)으로 피복한 경우

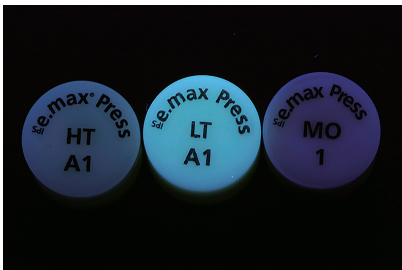


그림 2-2-13. IPS e.max Press ingot의 형광성. Ingot에 따라 발광 상태가 다르다.



그림 2-2-14a, b. IPS e.max Ceram shade 스테인과 글레이즈 페이스트, 형광성이 있는 것과 없는 것이 있다.

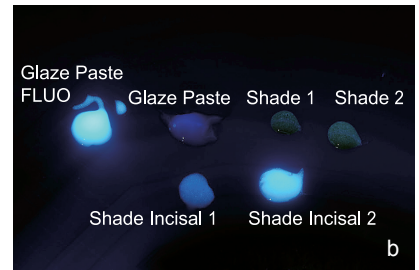


그림 2-2-15a. 두께 1.2mm의 IPS e.max Press HT A1 ingot으로 제작된 staining crown을 장착하였다.

그림 2-2-15b. 지르코니아와 마찬가지로 자연치로부터의 발색은 차단되었다.



투광성이 높은 IPS e.max Press HT ingot으로 1.2mm의 staining crown을 제작하였다. 그 결과 HT ingot이 가지는 미약한 형광성(그림 2-2-13)과 스테인

재에 포함되는 형광 특성(그림 2-2-14)은 확인할 수 있었지만, 지르코니아와 마찬가지로 자연치로부터의 발색은 차단되었다(그림 2-2-15).

실험 3: 프레스 세라믹(IPS e.max Press)의 라미네이트 비니어로 피복한 경우



그림 2-2-16a~f, IPS e.max Press HT A1 ingot을 사용하여 라미네이트 비니어를 제작하여 자연치의 색조에 맞추어 총 3회의 스테이닝 처리를 하여, 어느 정도의 색조 재현을 했다. 프레스 세라믹으로 피복된 것은 형광성이 약간 저하되었음을 알 수 있다.

실험 3에서는 실험 2와 같은 IPS e.max Press HT ingot의 투광성을 최대한 높이기 위해 0.2~0.4mm로 조정된 라미네이트 비니어로 피복하여 스테이닝을 했다

(그림 2-2-16). 그러나 이것도 마찬가지로 발색이 차단되어 있음을 알 수 있다.

실험 4: 전부도재관(porcelain jacket crown)으로 피복한 경우

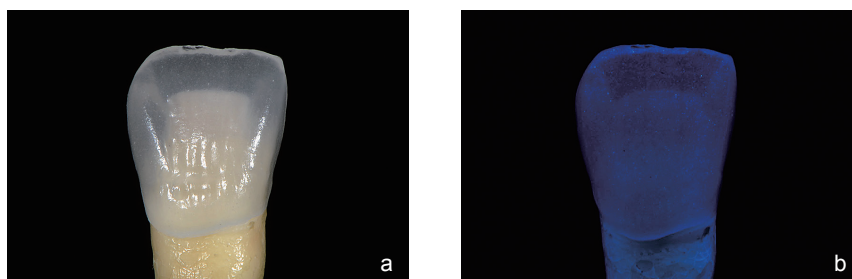


그림 2-2-17a, b. Porcelain jacket crown으로 피복한 경우도 지대치의 광원색이 차단되고 있다.

축성용 도재 중 가장 투명도가 높은 트랜스 도재를 사용하여 1.2mm의 porcelain jacket crown을 내화모형법으로 제작했다. 지대치색의 영향을 많이 받는 환경이

있지만 본 실험에서도 지대치의 광원색을 얻는 것은 불가능했다(그림 2-2-17).

추가 실험: 레진으로 코어 형성한 경우

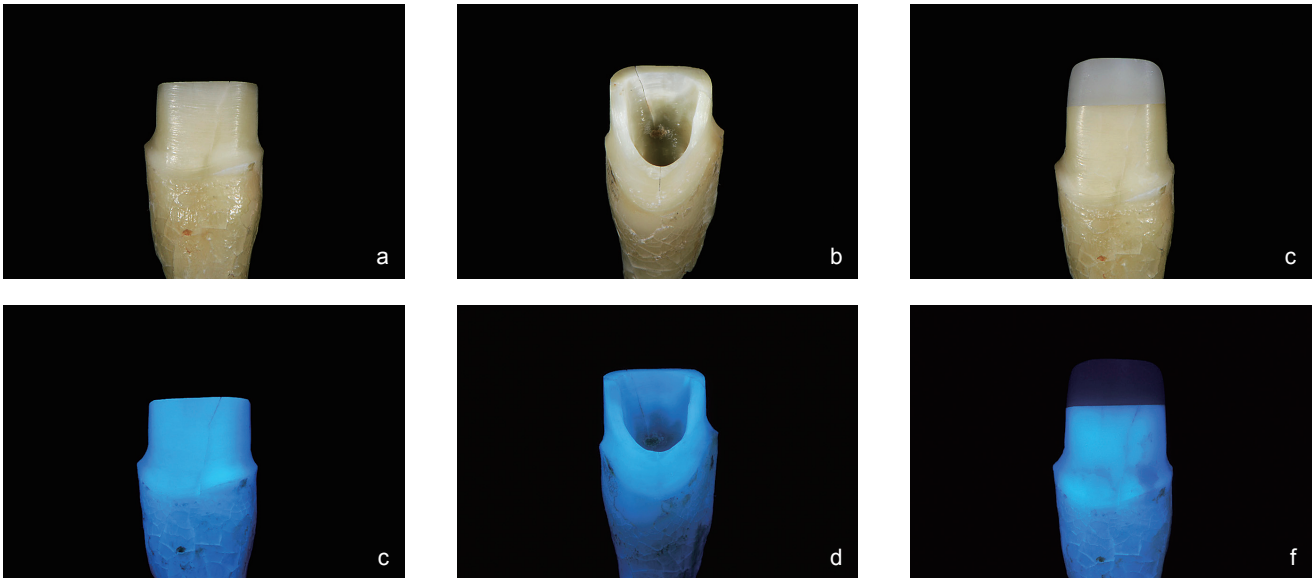


그림 2-2-18a~d. 치수가 없어져도 형광성은 변화하지 않는다.

그림 2-2-18e, f. 코어용 레진에는 형광성이 없으므로 올세라믹 수복 시에는 발색을 다시 고려할 필요가 있다.

추가 실험에서는 발거 치아를 근관 형성하고 코어용 레진과 glass fiber post를 사용하여 포스트-코어를 형성해서 실험치 상태의 지대치 조건을 재현했다.

UV 라이트 하에서 발색을 확인하면 코어용 레진은 형광성을 포함하지 않으므로 발색은 나타나지 않았다(그림 2-2-18). 이것을 근거로 임상 상황에서 잔존치의 양

이 없고 투명도가 높은 레진 코어재가 지대치의 대부분을 차지하는 경우, 생활 지대치와는 완전히 광학적인 환경이 다른 상태가 되는 것을 알 수 있다. 만약 이러한 지대치 조건에 프레스 세라믹 등 투광성이 높은 재료를 사용하여 수복하는 경우 발색의 관점에서 상당한 악조건이 되어 버린다.

Conclusion – 본 실험의 결론

올세라믹 수복 재료가 가지는 투광성은 지대치 조건이 양호할수록 수복 결과를 호전시키는 특성이 있지만, 투광성은 본래 자연치가 가지는 색정보를 모두 전달하는 것이 아니다. 본 실험으로부터 형광성(광원색)은 수복 재료와 관계없이 거의 발현되지 못했으며 그 원인으로서는 자연치의 에나멜과 수복 재료의 물성의 차이, 특히 빛의 굴절률 차이가 영향을 주었다고 생각한다. 따라서 자연치의 색구조를 재현하기 위해서는 재료 특성을 파악하고 확실히 불투명성과 형광성을 보충할 필요

가 있다.

또한 지대치 조건을 무시하고 높은 투광성을 너무 의식하면 발색 조건이 악화되어 극단적인 명도 저하를 일으키는 원인이 될 수 있다. 오늘날의 monolithic restoration은 강도를 우선하지만, 층에 따라 특성이 다른 자연치의 색조를 재현하기 위해서는 자연치와 같이 설계된 축성용 도재를 사용하는 것이 역시 이치에 맞는 것이 아닐까?