

## 플라즈마의 치과적 응용

치아자체의 아름다움에 대한 동경과 미용에 대한 관심이 높아지면서 치아미백 기술 또한 증가하고 있다. 치아미백은 미용측면에서도 바람직하지만 치아 및 구강 건강을 위해서도 필요하다. 경제생활이 풍요로워짐과 더불어 대인과의 접촉으로 치아에 대한 미적 기대치가 더욱 커지고 있는 것이 현실이다. 치아미백이란, 강한 산화제인 과산화수소의 산소 내놓음(oxygen releasing), 기계적 청소(mechanical cleansing) 작용기전으로 치아 상아질 안쪽 부분의 착색부분을 산화시켜 착색을 제거하고 치아를 원래의 색으로 회복시켜 주는 기술을 말한다. 최근 전문적인 치아미백술은 과산화수소 약제를 도포한 후 특수 광선을 이용하여 치아를 미백시키는 방법으로 과산화수소는 활성산소(free radical oxygen)를 생성하게 된다. 이러한 활성산소는 불안정하여 전자친화성을 가지게 되어 치아에 착색된 유기물 분자를 산화시킴으로써 미백이 진행된다. 또한 치아의 삼투성을 증가시켜 치아 상아질 안에 쉽게 이동하도록 하여 치아 경조직의 유기성분에 침투하여 유색소 분자를 산화시켜 무색소 작은 입자로 변화시키고 물과 이산화탄소로 분해된다. 그림 1에 치아의 구조를 나타내었다. 치아는 커피나 차 종류에 의해 다공성 구조로 이루어진 상아질(Enamel)에 심하게 착색되며, 그 외 치석에 의해서도 상아질이 변색되며, 잇몸(gum)에 염증이 생겨 변색된다. 이와 같은 변색 인자들을 제거하는 방법은 원리적으로 유기물의 산화 내지는 연소 제거라 할 수 있다. 그러나 인체에 직접적으로 높은 에너지를 가하고 고온을 발생시키는 연소 작용을 일으키기에는 위험성이 있어 인체 안전성을 한계로 하여 미백기술이 연구되고 있다. 현재 치아미백 기술은 주로 과산화수소 계열의 화학 물질인 카바마이드퍼옥사이드와 레이저, LED와 같은 광원을 치아에 조사하여 미백효과를 얻는 식으로 이루어지고 있다. 여기서 카바마이드퍼옥사이드를 치아에 도포함으로써 발생하는 발생기 산소[O]로 하여금 치아 표면에 달라붙은 유기물을 산화시키도록 하고, 이때 레이저나 LED 광원으로 빛을 조사하여 산화에 필요한 활성화 에너지를 공급하여 주는 것이다. 즉, 레이저 등의 광원의 조사 자체는 치아 미백 효과를 직접적으로 일으키는 것이 아니라 과산화수소 계열의 약품 처리에 주로 의존하고 있다. 따라서 지금까지 광원을 이용하여 실시되고 있는 치아미백 기술은 35중량%의 고농도 카바마이드퍼옥사이드를 치아에 도포하여 발생 되는 발생기 산소[O]의 산화력을 이용하게 된다. 이러한 치아미백 기술은 그다지 효과가 뛰어나지 않으며, 약품 도포에 의해 변색 유기물뿐 아니라 치아 구조의 파괴로 치아 자체도 함께 손상되고, 실제로 과산화수소수의 빈번한 사용은 심장

병과 암 유발 원인이 된다는 보고도 있다. 식약청에서 고시한 과산화수소수의 인체 적용 농도는 15중량%를 한도로 하고 있는 것도 그러한 이유이다. 그러나 그 정도 농도에서는 레이저나 LED를 조사하여도 미백 효과가 잘 나타나지 않아 한도를 훨씬 넘는 35중량%의 카바마이드퍼옥사이드를 적용하고 있는 실정이다. 한편, 현재 광(LED) 조사를 대신하여 상온의 대기압 플라즈마를 이용한 치아미백도 연구되고 있다. 대기압 플라즈마를 적용하는 경우에도 상기와 같은 고농도의 카바마이드퍼옥사이드를 적용하고 있어 역시 개선이 필요한 상황이다. 더구나, 최근에는 치아미백용 상온 대기압 플라즈마 제트를 개량 고안하여 카바마이드퍼옥사이드의 사용 없이도 임상에서 쉽게 사용할 수 있도록 설계되어 사용되고 있다. 이 디자인은 기존 일직선상으로 표출되는 torch 형식의 플라즈마 장치와는 달리 치과에서 사용되는 치과용 핸드피스를 기반으로, 치과 의사의 의견을 적극 반영하여 사용상의 편리를 도모하여 치아의 측면이나 어금니부분을 처리할 수 있도록 고안되었다. 또한, 수증기를 포함한 상온 대기압 플라즈마를 치아세포에 적용하여 처리함으로써, 별도의 과산화수소수 도포없이도 H<sub>2</sub>O의 분자 이온화 및 들뜸과정을 통하여 활성산소 (free radical oxygen)를 발생시켜 충분한 산화력을 나타내어 치아변색물질을 제거할 수 있다. 이때 인체에 유해한 물질을 전혀 사용하지 않고도 그림 2와 같이 치아에 착색된 물질을 효율적으로 제거하는 미백효과를 얻을 수 있었다.

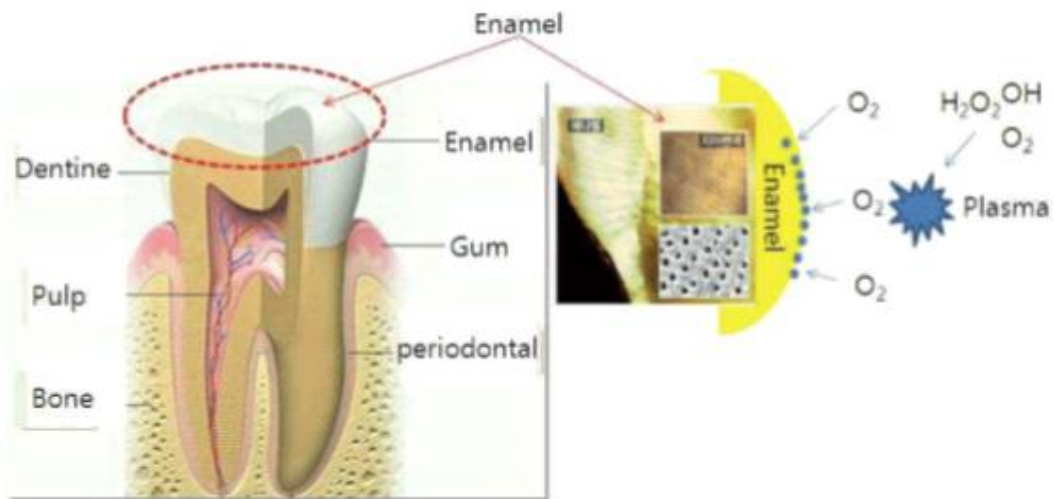


그림 1. 치아의 구조



그림 2. 플라즈마 치아미백 기구 및 결과

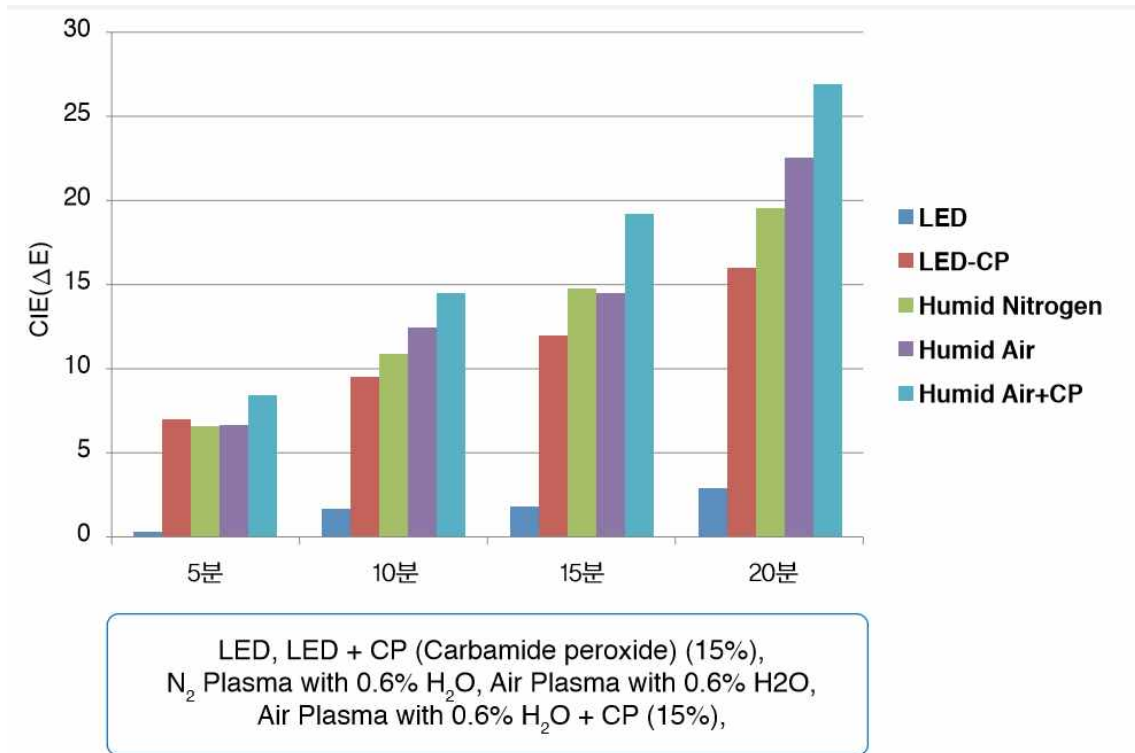


그림 3. 치아미백용 상온 대기압 플라즈마를 이용한 치아미백 결과 (LED : 광, LED+CP : 광+카바마이드퍼옥사이드 15%, Humid Nitrogen: 0.6% 수분을 포함한 질소 플라즈마, Humid Air: 0.6% 수분을 포함한 공기 플라즈마, Humid Air + CP: 0.6% 수분을 포함한 공기 플라즈마+카바마이드퍼옥사이드 15%)

최근 플라즈마를 이용한 구강 세균 사멸 연구가 최근 활발히 이루어지고 있다. 구강 내 발생하는 대표적 양대 구강질환은 치아우식증 (dental caries)과 치주질환 (periodontal disease)이며, 이 질환들은 구강 내 세균이 원인이 되어 발병된다. 치아우식증의 가장 큰 문제점은 치료가 끝난다 하더라도 재발 위험이 높아 대표적 만성 질환으로 대두되고 있다. 치아우식증 치료 시 치아를 삭제하여 보존치료나 보철 치료를 실시하게 되는데, 이때 흔히 정상치질까지 침범하여 삭제되는 문제점이 있다. 그리고 치근단 부위에 발생하는 질병의 경우 치료 기구의 접근의 어려움으로 인하여 박테리아를 효과적으로 사멸하기 어렵다. 항생제나 구강 소독액 등이 사용되기도 하나 항생제는 임신부나 전신질환자에 사용하는데 어려움이 있으며, 구강 소독액을 지나치게 사용할 경우 구강 내 정상 세균총 의 불균형으로 인해 균교대증 (superinfection)에 의한 2차적인 감염을 유발 시킬 수 있다. 이에 치아우식증을 효과적으로 치료하기 위해 예방치료로서 불소도포나 올바른 치솔질 등의 방법이 추천되고 있으나 치아의 깊은 소와나 열구와 같은 해부학적인 구조 특성상 칫솔모의 접근이 어려워 한계가 있다. 치주 질환은 치은, 치조골, 치주인대 등의 치아 주위조직에 세균으로 인한 염증이 과급되어 치아주위조직이 파괴된다. 치주세균을 적절하게 억제시키지 않을 경우 치아 주위조직이 치아를 지지하지 못해 발치를 해야 하는 최악의 상황이 초래 하게 된다. 치아우식증이나 치주질환으로 인한 발치 시 치료비 부담으로 인한 경제적 손실이 크며, 이는 결국 가계의 부담을 초래하고, 나아가 국가적 의료비 손실로 이어지게 된다. 그러므로 치아우식증과 치주질환을 예방하고 치료하기 위해서는 원인 세균을 적절히 사멸시키는 것이 중요하다. 최근 플라즈마를 이용하여 치아우식증 및 치주질환 원인균을 효과적으로 사멸시키는 연구가 활발히 진행되고 있다. 치아우식증에 있어 가장 주된 원인균인 Streptococcus mutans (S. mutans)균과 치근단에 존재하는Enterococcus faecalis (E. faecalis), 치주질환 원인균인 Porphyromonas gingivalis(P. gingivalis)의 사멸에 있어서도 매우 효과적임이 증명되고 있다. S. mutans 균은 통성 혐기성의 그람 양성균으로 두꺼운 세포벽으로 인해 세포 사멸이 쉽지 않은 특징을 가지고 있다. 치근단 질환의 주요 원인균인 E. faecalis균은 그람양성균으로 치아 치근단 부위의 염증에 관여하며 극한 상황 속에서도 살아남을 수 있다. E. faecalis 균은 근관 치료 시 사용되는 높은 pH의 NaOCl, 항생제 및 칼슘제재와 같은 약품에 저항성이 강하고, 근관치료 효과적으로 제거되지 않을 경우 근관치료 실패의 가장 큰 원인이 되어 지속적인 감염을 일으키게 된다. 성공적인 치근단 치료를 위해서는 E. faecalis 균을 효과적으로 제거하는 것이 무엇보다 중요하다. 최근 보고에 의하면, 저온 상압 플라즈마는 E. faecalis 를 효과적으로 사멸시킬 뿐만 아니라, 치아우식증 원인균인 S. mutans 에서도 효과

적으로 사멸시키는 것이 보고되고 있다. 또한, 사람의 비강과 구강 이후 점막의 상재균으로 화농성 염증을 일으키는 감염증의 주요 원인균인 *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*)이나 구강 내에서 기회감염을 일으켜 구강점막질환을 일으키는 대표적인 진균인 *Candida albicans* (*C. albicans*) 등에서도 매우 효과적인 사멸 효과가 보고되고 있다. 구강 내 질환을 일으키는 세균은 치아우식증이나 치주병 만을 일으키는 것이 아니라 구강점막 질환 및 기타 구강 내 염증을 일으키게 된다. 흔히 구강 내 염증이 발생 시 구강소독액인 chlorhexidine을 주로 사용하고 있으나, 발표된 연구에 따르면 플라즈마와 chlorhexidine을 함께 사용할 때 그 효과가 증가 하는 것이 보고되었는데, 이 결과는 플라즈마를 단독으로 사용하였을 때 구강세균의 사멸률이 뛰어날 뿐만 아니라 구강 소독약등과 함께 사용하였을 때 시너지 효과를 기대할 수 있어서, 구강질환 치료에 탁월한 효과를 발휘할 수 있을 것으로 예상된다. 물론 열을 가하여 세균을 사멸 시킬 경우 그 효과는 클 수 있으나 조직의 열적 손상을 일으킬 위험이 있다. 그러나 저온 플라즈마 장치는 체온과 유사하게 그 온도를 유지시킬 수 있어 조직의 손상을 최소화 할 수 있으며, 그와 더불어 안정성이 뛰어나고, 플라즈마에서 발생하는 활성종으로 인해 직접 플라즈마가 조사되지 않더라도 발생하는 플라즈마 주위영역까지 세균을 사멸시킬 수 있다. 이러한 특성을 이용하여 근관 치료 시 플라즈마를 근관에 접근이 용이하게 제작한다면 접근이 어려운 위치에 있는 세균들을 사멸 및 불활성화 시킬 수 있다. 그러므로 플라즈마 장비를 구강 내 해부학적 구조에 맞게 디자인하여 적용시킨다면 구강 내 질환 치료에 있어 높은 효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

- 참고문헌: 1. Vacuum Magazine (2015) December, (2014) September  
2. Plasma Physics and Controlled Fusion 59 (2017) 014031  
3. Korean J. Otorhiolaryngol-Head Neck Surg. 53 (2010) 593  
4. Korea Chemical Engineering Research 49 (2011) 835