| 융합카페 |

플라즈마 바이오 과학 및 치아미백

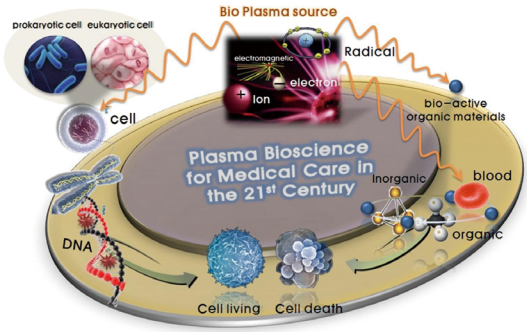
최은하, 김용희, 김경남

I. 연구배경

플라즈마(Plasma)는 고체, 액체, 기체 상태 다음의 제 4의 물질상태라고 불리는 전기를 띤 기체들의 집단이다. 이 물질은 전자, 이온 및 반응성 중성기체, 그리고 보통상태의 중성기체들로 구성된 물질이다. 의학에서 말하는 피의 성분인 혈장도 Plasma 라고 한다. 100년전인 1911 년에 I. Langmuir 가 전기를 띤 물질을 플라즈마라고 명명한 배경에는 의학적 배경이 깔려있다.

1953년에 미국 물리학자인 S. Miller 가 암모니아, 메탄, 수증기, 수소등의 기체로 이루어진 원시대기에서 방전실험을 시행하였다. 여기서 그는 알라닌, 글리신과 같은 아미노산의 형성을 보았다. 아미노산은 2~3개가 결합하여 생명의 기본물질인 단백질을 형성하는 구성분자이며, 더 나아가 이들의 중합으로 생명물질이 탄생하게 된다. 한편, 같은 1953년에 생물학자인 Watson과 물리학자인 Crick는 공동연구를 통하여, 유전물질인 DNA는 이중나선구조로 이루어진 핵산 물질임을 발표하여, 신비한 생명의 원초적인 물질에 대한 이해를 한층 깊게 할 수 있게 하였다. 이와 같은 유전인자인 DNA 및 생명을 이루는 기본물질은 모두 단백질로 이루어져 있으며, 단백질의 변형 또는 관련 세포들의 돌연변이 변형으로 인하여 현대의 피부병, 치매, 암과 같은 난치병 및 모든 병들이 생긴다고 보고 있다. 한편, 원시대기의 방전, 즉 플라즈마 상태에서 아미노산이 형성되며 이들의 중합으로 단백질이 형성된다는 점을 착안하여, 단백질과 관련된 현대의 알츠하이머병, 피부병 및 암과 같은 난치병은 플라즈마를 이용하여 근본적으로 치료가 가능하다는 가설을 세울 수 있으며, 이를 위한 플라즈마 바이오 과학 및 이를 이용한 차세대의 플라즈마 의학을 개척할 수 있으며, 더 나아가 구강보건 및 미용의 관점에서 치아미백까지도 활용할 수 있다.

플라즈마 바이오 과학 및 의학에 관한 기초연구를 통하여 수술용 외상 치료 플라즈마 의료기기 연구기반 확립, 피부질환 제어 및 치료장비 제작 및 비정상 세포군의 직접 및 간접 치유장치 개발에 필요한 데이터를 확보할수 있다. 또한 플라즈마 라디칼과 세포와의 상호작용에 관한 학문적 지식을 확보할 수 있다 [1]. (그림 1.)



[Fig. 1] 플라즈마 바이오과학의 연구영역

〈저자 약력〉

■ 최은하 : 최은하 교수는 1987.8 플라즈마 물리학 Ph. D. 를 받고, 1987. 9. – 1992. 2. 까지 미국의 NSWC 박사후 연구원, NASA Langley Research Center 위촉연구원, Hampton University 조교수, 한국표준과학연구원 선임연구원에서 근무하였다. 1992. 3–현재까지 광운대학교 전자물리학과 대전입자빔 및 플라즈마 연구실에서 PDP 연구센터 (1998.5—현재)와 플라즈마 바이오 과학연구센터 (SRC:2010.9–현재)의 소장으로 일하고 있으며, 플라즈마 바이오 의과학 융합연구를 수행하고 있다. (ehchoi@kw.ac.kr)

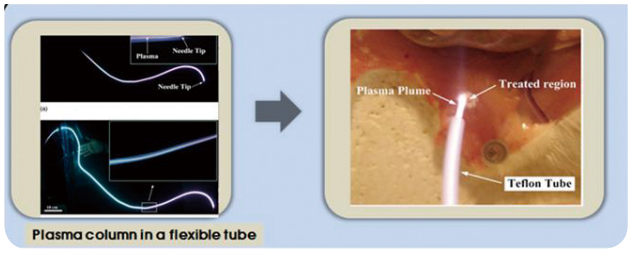
■ 김용희 : 김용희 박사는 2014년 광운대학교에서 플라즈마 공학박사 학위를 취득하였으며, 플라즈마 바이오 과학연구센터에서 박사 후 과정을 마친 후 현재 삼성전자 생산기술연구소에 재직 중이다 (rsztzt@naver.com)

■ 김경남 : 김경남 교수는 1975년 연세대학교 치의학 박사학위를 취득하였으며, 1986년부터 연세대학교 치과대학에서 교수로 재직중이다. (kimkn@yuhs.ac)

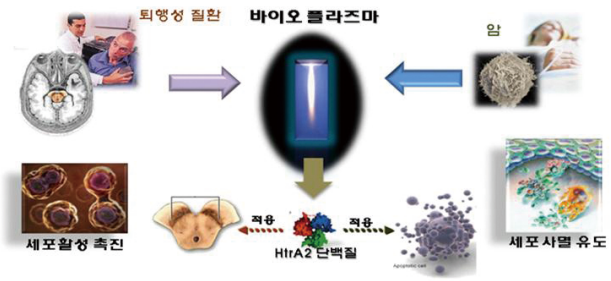
Ⅱ. 플라즈마 바이오 의과학 및 치아미백

대기압 상태에서 37 ℃ 이하의 온도를 유지하면서 발생하는 상온 대기압 방전플라즈마를 이용하여 플라즈마 의과학 및 치아미백에 활용할 수 있다. 상온 대기압 플라즈마를 이용하여 현대의 피부병, 치매, 암과 같은 난치병 및 모든 병들을 치유할 수 있는 새로운 플라즈마 의학기술의 파라다임이 최근 여러 나라에서 제시되었다(그림 2).

또한 혈액내의 활성산소와 같은 라디칼의 플라즈마 반응성에 관한 이해를 기초로 하여 혈액 및 혈관청소를 구현하여 노화세포를 젊은 세포로 바꿀 수 있다. 더 나아가 상온 대기압 플라즈마에 의한 DNA, 세포사멸 및 세포주기 조절 단백질들의 변화에 관한 연구를 통하여 세포생존과 사멸의 불균형으로 야기되는 난치성 질환(암, 퇴행성 뇌질환)등의 메디컬 적용을 위한 차세대 플라즈마 의학기술의 기반 기술을 제공한다. 변형된 단백질은 플라즈마와의 상호작용을 통하여 정상 단백질로 되돌리고, 암세포는 플라즈마와의 상호작용을 통하여 스스로 사멸하게 끔 유도할 수 있다(그림 3). 또한 자외선 및 핏속의 활성산소에 의하여 모든 기관이 노화되는 점에 착안하여, 이들 노화된 피부 및 혈관은 플라즈마와의 상호작용을 통하여 활성산소를 제어함으로써 피를 청소할 수 있으며 더 나아가 혈관청소도 가능하다고 본다. 플라즈마와 피부, 혈액, 암세포, 변형 단백질과의 상호작용을 통하여 비정상 단백질과 관련된 현대의 피부병, 혈관 및 혈액청소, 암세포의 자기사멸 유도, 알츠하이머 병과 같은 난치병을 근본적으로 치유할 수 있는 플라즈마 바이오과학 및 차세대의 플라즈마 의학기술을 개척할 수 있다.



[Fig. 2] 암세포 치료용 상온 대기압 바이오 플라즈마

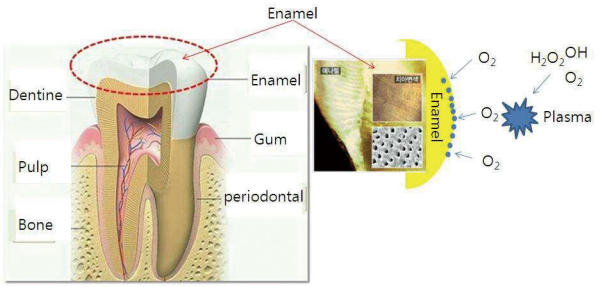


[Fig. 3] 상온 대기압 바이오 플라즈마를 이용한 퇴행성 신경질환 치유 및 암세포의 자기사멸 유도

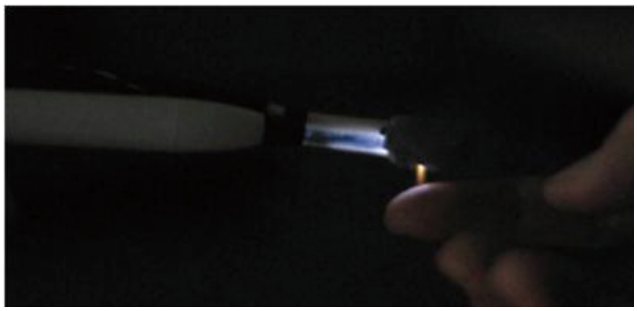
한편 치아자체의 아름다움에 대한 동경과 미용에 대한 관심이 높아지면서 치아미백 시술 또한 증가하고 있다. 치아미백은 미용측면에서도 바람직하지만 치아 및 구강 건강을 위해서도 필요하다. 경제생활이 풍요로워짐과 더불어 대인과의 접촉으로 치아에 대한 미적 기대치가 더욱 커지고 있는 것이 현실이다. 치아미백이란, 강한 산화제인 과산화수소의 산소 내놓음(oxygen releasing), 기계적 청소(mechanical cleansing) 작용 기전으로 치아 상아질 안쪽 부분의 착색부분을 산화시켜 착색을 제거하고 치아를 원래의 색으로 회복시켜 주는 시술을 말한다. 최근 전문적인 치아 미백술은 과산과수소 약제를 도포한 후 특수 광선을 이용하여 치아를 미백시키는 방법으로 과산화수소는 활성산소 (free radical oxygen)을 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[2]. 그림 4에 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 미백시술이 연구되고 있다. 현재 치아미백 시술은 주로 과산화수소 계열의 화학 물질인 카바마이드퍼옥사이드와 레이저, LED와 같은 광원을 치아에 조사하여 미백효과를 얻는 식으로 이루어지고 있다. 여기서 카바마이드퍼옥사이드를 치아에 도포함으로써 발생되는 발생기 산소[O]로 하여금 치아 표면에 달라붙은 유기물을 산화시키도록 하

고, 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 과산화수소계열의 약품 처리에 주로 의존하고 있다. 따라서 지금까지 광원을 이용하여 실시되고 있는 치아미백 시술은 35중량%의 고농도 카바마이드퍼옥사이드를 치아에 도포하여 발생 되는 발생기 산소[O]의 산화력을 이용하게 된다. 이러한 치아미백 시술은 그다지 효과가 뛰어나지 않으며, 약품 도포에 의해 변색 유기물뿐 아니라 치아 구조의 파괴로 치아 자체도 함께 손상되고, 실제로 과산화수소수의 빈번한 사용은 심장병과 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 설계하였으며, 자가치료시에도 사용할 수 있도록 하였다. 최근 광운대학교 플라즈마 바이오 과학 연구센터(Plasma Bioscience Research Center)는 플라즈마 방전기체에 수증기를 포함시키고, 구강안에 카바마이드퍼옥사이드의 적용 없이 사용 가능한 새로운 디자인을 개발함으로써 치아미백에 관련된 여러 문제점들을 해결 할 수 있



[Fig. 4] 치아의 구조

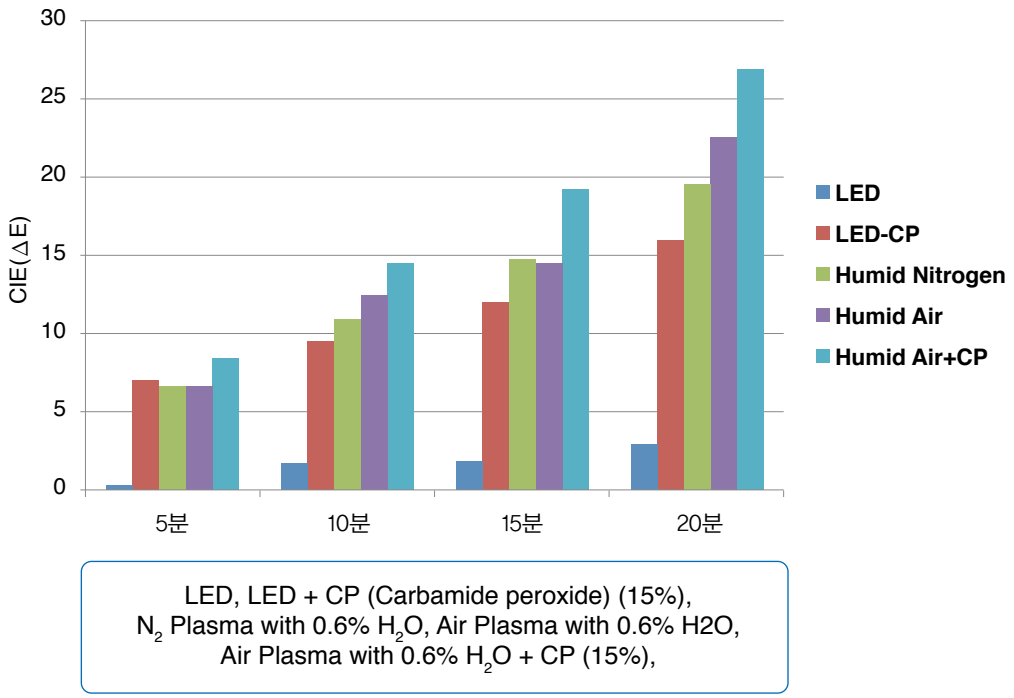


[Fig. 5] 구강치료 및 치아미백용 상온 대기압 바이오플라즈마

는 가능성을 제시하였다(그림 5)[3]. 이 디자인은 기존 일직선상으로 표출되는 토오치형식의 플라즈마 장치와는 달리 치과에서 사용되는 치과용 핸드피스를 기반으로, 치과의사의 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_2O의 분자 이온화 및 들뜸 과정을 통하여 활성산소 (free radical oxygen)를 발생시켜 충분한 산화력을 나타내어 치아변색물질을 제거할 수 있다. 이때 인체에 유해한 물질을 전혀 사용하지 않고도 치아에 착색된 물질을 효율적으로 제거하는 미백 효과를 얻을 수 있었다.

Ⅲ. 플라즈마 치아미백 처리

상온 대기압 플라즈마를 이용하여 과산화수소수를 사용하지 않고 치아변색을 일으킨 물질을 효율적으로 제거할 수 있다. 미백효과가 뛰어난 치아미백 기기인 플라즈마 칫솔을 그림 5에 나타내었다. 상온의 대기압 플라즈마 제트가 길이로 뻗은 플라즈마 발생기구 몸체에 대해 수직방향으로 토출되게 한 것을 특징으로 하는 구조이다. 또한, 이 치아 미백기구의 구조는 앞니와 어금니, 치아 정면과 측면을 모두 처리할 수 있는 특성을 가진다. 상온 대기압 플라즈마 만으로 처리가능하며, 더 나아가 상온의 대기압 플라즈마 발생시 플라즈마 발생용 가스에 미량의 수증기를 더 포함시켜서 OH 활성산소를 더 많이 발생시켜서 치아미백을 효율적으로 더 잘 처리할 수 있는 방법을 제공할 수 있다. 또한, 필요할 시 15중량% 이하의 과산화수소수를 치아 표면에 도포하고, 상온의 대기압 플라즈마로 치아 표면을 처리할 수도 있



[Fig. 6] 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%)

는 치아미백 방법도 가능하다.

미백처리시간을 15분으로 하였을 경우, 기존의 광(LED)미백 처리법에 비해서 0.6% 수분을 포함한 상온 대기압 플라즈마(공기 또는 질소) 처리방법이 훨씬 효율적임을 측색지표 CIE(⊿E)의 크기로 확인하였다(그림 6).

Ⅳ. 맺음말

단백질과 관련된 현대의 알츠하이머병, 피부병 및 암과 같은 난치병은 플라즈마를 이용하여 근본적으로 치유가 가능하며, 이를 위한 플라즈마 바이오 과학 및 이를 이용한 차세대의 플라즈마 의학을 개척할 수 있으며, 더 나아가 구강보건 및 미용의 관점에서 치아미백까지도 활용할 수 있다. 상온 대기압 플라즈마를 이용하여 과산화수소수를 사용하지 않거나 규격화된 기준이하의 과산화수소수 저농도로 사용하여도 치아변색을 일으킨 물질을 효율적으로 제거할 수 있는 치아미백 방법을 소개하였다. 여기서 소개하는 플라즈마 치아 미백은 그 효과면에서 종래 과산화수소수계 약품을 처리하고 광원을 조사하던 방식에 비해 질적으로 우수하였고 처리 속도도 빨랐다. 더욱 바람직한 것은 치아미백 기구가 칫솔 형태의 구조로 제작되어 그 제조단가도 높지 않아 병원은 물론, 개인용으로 보급될 수 있어 앞으로 자가치료의 범위까지 확산될 수 있다. 향후 이러한 기술들이 지속적으로 투자되고 연구 개발되어, 미적 만족감 뿐만 아니라 구강질병의 예방과 이와 관련된 치과기술의 발전으로 이루어지길 바란다.

References

[1] G. Kong, G. Kroesen, G. Morfill, T. Nosenko, T. Shimizu, J. V. Dijk, J. L. Zimmermann, "Plasma medicine: An introductory review", New J. Phys. 115012:1-115012:35 (2009).
[2] S. A. Nathoo, "The chemistry and mechanisms of extrinsic and intrinsic discoloration", J. Am. Dent. Assoc. 128 Suppl:6S-10S, 1997.
[3] 최은하, 플라즈마를 이용한 치아미백 방법 및 그에 따른 플라즈마칫솔, 출원번호 10-2013-0091840 (접수번호 1-1-2013-0701258-12), 2013.08.02