

저온 대기압 플라즈마의 생의학 응용

이현우, 이재구

포항공과대학교 전자전기공학과

저온 대기압 플라즈마는 21세기에 들어 생의학 분야에 이용될 수 있는 새로운 도구로서 많은 관심을 받고 있다. 대기압 플라즈마는 고가의 진공 장비를 필요로 하지 않고 저전력 구동이 가능하기 때문에 저비용 구동이 가능하고 방전 장치와 전력공급 장치의 소형화에 매우 유리하다. 특히 저온 대기압 플라즈마는 고온의 전자와 저온의 이온 입자가 공존하는 열적 불평형(thermal non-equilibrium) 상태에 있기 때문에 플라즈마의 저온 특성은 유지하면서도 ($\sim 30^{\circ}\text{C}$) 물리/화학적 반응성은 매우 높아 그 응용 분야가 매우 넓다.

플라즈마의 다양한 생의학 분야 응용 가운데 세포의 사멸 유발 또는 성장 촉진, 살균/멸균, 지혈, 상처 치유 등에 저온 대기압 플라즈마가 매우 뛰어난 효능을 보인다는 것이 국내외의 다양한 연구를 통해 밝혀지고 있다 [1]. 20 kHz 정현파로 구동되는 플라즈마 장치를 이용한 암 세포 제거 실험에서 플라즈마 처리 효과를 증대시키기 위해 항체-금나노입자 중합체를 암 세포에 주입시켰다 (그림 1(a)). 그 결과 세포의 사멸율은 74%로서 플라즈마 또는 플라즈마-금나노입자만을 처리한 경우에 비하여 사멸율이 매우 높게 나타났다 (그림 1(b)). 이를 통해 암세포 선택성을 가진 항체-금나노입자 중합체와 플라즈마 처리 기술을 융합한 암 세포의 선택적 사멸 유발 기술의 개발 가능성이 열렸다. 또한 플라즈마 처리를 통해 일어나는 세포의 자멸사 기작이 Cytochrome C의 방출 이후 이어지는 Caspase-3의 활성화 경로와 관계가 있음이 밝혀졌다 (그림 1(c)).

치아 미백은 최근 부상하고 있는 저온 대기압 플라즈마의 새로운 응용 분야이다 [5-6]. 대기압에서 동작하는 헬륨 플라즈마 제트를 미백제(과산화수소)와 함께 발치된 치아에 적용하였을 때 (그림 2(a)) 미백제만을 사용하였을 경우에 비해 치아의 색상 변화가 2배 이상 크게 나타나는 것을 확인하였다 (그림 2(b)).

이처럼 최근 그 범위가 크게 넓어지고 있는 저온 대기압 플라즈마의 생의학 응용 기술의 최적화를 위해서는, 다양한 생의학 응용 분야에 따라 요구되는 플라즈마의 특성 및 응용별 기저 기작에 대한 이해와 연구가 필요하다.

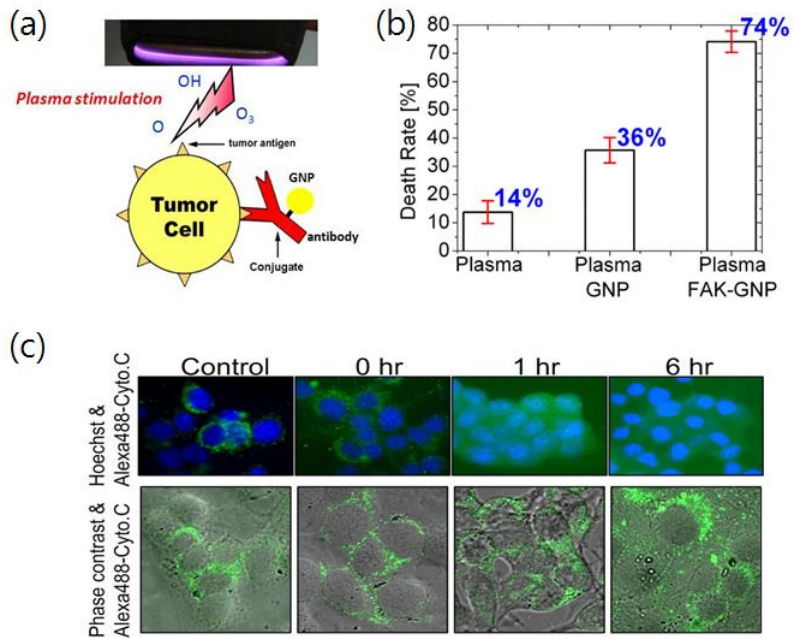


그림 1. (a) 플라즈마와 항체-금나노입자 중합체를 이용한 암 세포 제거 실험의 모식도 (b) 플라즈마, 플라즈마와 금나노입자, 플라즈마와 항체-금나노입자 중합체의 경우 세포의 사멸율 (c) 플라즈마 처리 이후 관찰되는 Cytochrome C의 방출

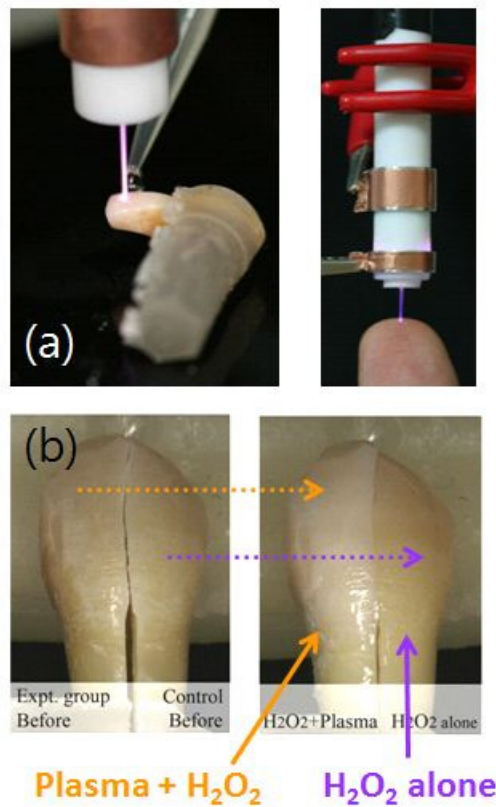


그림 2. (a) 헬륨 플라즈마 제트를 이용한 치아 미백 실험 (b) 플라즈마와 과산화수소를 함께 적용한 경우와 과산화수소만 적용한 경우에 대하여 처리 전(좌)과 후(우)의 치아 표면 색상 비교

[참고 문헌]

- [1] W. I. Kim et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 44, 013001 (2011)
- [2] G. C. Kim et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 42, 032005 (2009); Europhysics News 40, 2, 14 (2009)
- [3] G. J. Kim et al., accepted in the first issue of the new journal Plasma Medicine (2011).
- [4] G. J. Kim et al., Appl. Phys. Lett. 96, 021502 (2010)
- [5] H. W. Lee et al., J. Endodontics 35, 4, 587 (2009)
- [6] H. W. Lee et al., Plasma Process. Polym. 7, 274 (2010)

Keywords: 저온 대기압 플라즈마, 생의학응용, 암치료, 치아미백