

Effect of Alternative Magnetic Field on the Cancer Cells - Suppressing Frequency -

황도근*, 박혜지

상지대학교 한방의료공학과

자기장을 이용한 의료기기 분야에서는 대부분 진단기기로 많이 이용되고 있다. 자기장 치료시스템의 경우 비접촉, 비침습적이라는 장점을 가지고 있으나 그 치료효과에 있어 치료시간이 소요되며 결과도 생물학적인 뚜렷한 결과를 내기 어렵다는 점에서 임상부분에서도 많은 연구가 필요하다.[1] 실제로 자기장이 인체에 미치는 정확한 생체기전은 밝혀지지 않고 있기 때문에 자기장 치료기의 다양한 질병에 대한 적용을 위해서 지금까지 사용되지 않은 자기장의 다양한 주파수 영역과 세기조절을 이용한 연구와 응용이 필요하다.[2-4]

본 연구에서는 암세포에 교류자기장(세기: 5mT, 주파수: 200 Hz - 2 kHz)을 인가하여 암세포의 성장률 및 성장률 측정하였고, Western blot을 이용하여 성장단백질의 변화를 확인 하였다. 또한 교류자기장을 자극 받은 암세포 내 이온채널들의 변화를 확인하기 위해 세포 내 칼슘 양의 변화를 확인 하였다. 특히 본 연구에서는 암세포의 종류를 다양하게 선정하였다. 세포배양시 세포의 수가 두배가 되는 doubling time이 24시간인, 쥐 호염기성 백혈병 암세포(RBL-2H3, rat basophilic leukemia)와 doubling time이 48시간 인, 인간 간암세포(HepG2, hepatocellular carcinoma), doubling time이 72시간 인, 인간 유방암세포(BT-20, breast cancer cells)를 주파수에 따라 세포 증식률 차이를 조사하였다. 또한 암세포와 정상세포 간에 증식률 차이를 비교분석하기 위해 간 정상세포(WRL-68, human liver cells)과 유방 정상세포(MCF-10A, breast cancer)를 조사하였다.

교류자기장 자극은 switched-mode power supply와 디지털 제어 회로로 이루어진 시스템을 사용하였으며, 24에서 72시간 이상의 장시간 자기장자극 동안 열적 안정성을 조절하기 위해 duty factor를 도입하여 자기장세기(5 mT)를 유지하며 주파수 변화(200 Hz- 2 kHz)까지 변화시키며 증식률을 조사하였다. 또한 세포에 자극하는 자기장자극 시스템은 냉각 수조를 이용하여 자기장 코일 위에 냉각수가 흐르게 하여 코일의 열 발생을 최소화 하였다. 적외선 온도계를 이용하여 실시간으로 세포의 온도를 모니터링 하여 열적 안정성을 37 °C 로 유지 하였다. 각각의 세포의 doubling time에 따라 백혈구 암세포, RBL-2H3 에서는 24 시간, 간세포인 HepG2와 WRL-68에서는 48시간, 유방세포인 BT-20과 MCF10A 에서는 72시간 자극하였다.

각 세포의 성장률을 확인한 결과, 그림 1에서와 같이 3가지 종류의 암세포는 각각 다른 주파수영역에서 성장률 차이를 확인하였다. RBL-2H3, HepG2, BT-20 3가지 암세포에서 특정주파수(1 kHz, 1. kHz, 2 kHz)에서 생존율이 최소로 감소하였다. 단지 유방암세포의 경우는 2 kHz 이상에서 조사하지 못했다. 발열문제를 해결하기 위해서 새로운 교류자기장 자극시스템을 시도하였다. 한편 각 부위의 암세포와 정상세포를 비교분석하기 위해 간 정상세포 WRL-68 과 유방 정상세포 MCF-10A 에서 성장률을 조사한 결과 정상세포는 모두 암세포의 증식률이 최소가 되는 특정주파수(Suppressing Frequency)에서 정상적으로 증식하여 암세포와 많은 차이를 보였다. 성장단백질 분석(Western blot)에서 자기장 자극받지 않은 Control cell 과 성장단백질의 양이 유의하게 감소하였다. 세포 내 칼슘 양 측정하는 calcium level 실험에서는 자기장자극 받은 암세포의 칼슘의 양이 유의하게 감소하였다.

본 연구결과, 교류자기장 자극이 암세포의 성장률과 생존율, 또한 암세포의 성장 단백질의 발현 농도와 세포 내 칼슘농도에 대한 분명히 영향을 미치고 있음을 확인하였다. 또한 각각의 암세포의 성장률이 낮은 주파수 영역(Suppressing Frequency range)을 확인 하였고, 이에 대해 생물학적 분석 결과 성장단백질의 발현이 유의하게 감소하였으며 또한 세포 내 칼슘 이온들의 변화 또한 확인하였다. 본 연구에서는 신경을 포함한 대부분의

세 포막의 전해물질 이동이 이온들로 구성되어 있으며 이들의 교환시간이 수백Hz에서 수kHz의 주파수 영역과 일치하기 때문에 교류자기장을 이용한 생체의 반응 연구는 매우 중요한 것으로 예상하고 있다.

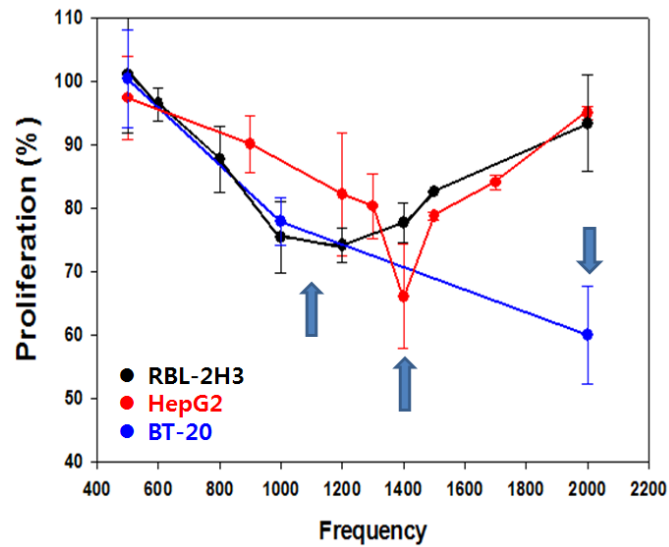


그림 1. 교류자기장 자극 주파수에 따른 암세포의 성장률

참고문헌

- [1] Bouwens, M., et al. Bioelectromagnetics 33(3):226-237.(2012)
- [2] Dallari, D., et al. Bioelectromagnetics 30(6):423-30.(2009)
- [3] Di Sabatino, A., et al.. J Immunol 183(5):3454-62.(2009)
- [4] Dini, L., et al.. Bioelectromagnetics 30(5):352-64. (2009)