

저강도 음파 조사가 인체 생리기능 활성화에 미치는 영향

The Study of Low Intensity Sound Wave Affect to Human Physiological Function Activation.

*#김성민¹, 강승호¹, 정재훈¹, 서영권², 김수찬³

*#S. M. Kim(sungmin2009@gmail.com)¹, S. H. Kang¹, J. H. Jeong¹, Y. G. Seo², S. C. Kim³

¹동국대학교 의생명공학과, ²동국대학교 생명과학연구원, ³한경대학교 생물정보통신전문대학원

Key words : Sound wave, Stem Cell, Sound effect, Cell growth

1. 서론

현재 가정에서 사용하는 TV, 오디오, 세탁기 등의 기기들이 유발하는 생활소음 이외에도 현대인들이 소음에 노출되는 빈도는 과거보다 증가하였다. 이러한 소음의 대표적인 피해 사례로는 청취장애, 학습 및 작업능력 감소, 소화불량, 난청, 스트레스, 두통, 수면장애 등이 대표적이다. 실제로 생활소음에 대한 연구에 의하면 생활소음중 헤어드라이기와 세탁기의 소음이 불쾌감을 주고 인체에 악영향을 미친다고 보고되었다.

음파의 영향에 대하여 다양한 연구가 진행되고 있다. 음파가 사람의 감성에 미치는 영향[2,3]에 대한 연구가 있었고, 음파가 식물의 성장과 식물세포 증식능력 향상에 대한 연구[4], 동물의 생리기능에 미치는 영향[5,6], 초음파에 의한 특정 인간세포 배양에 대한 연구[7,8] 등 음파의 영향에 대한 연구는 지속적으로 진행되고 있다.

최근에는 인체의 생리기능을 연구하는 방법으로 실제 인체를 모델로 실험하는 경우도 있으나 세포수준의 기전을 밝힘으로 생리기능에 대하여 연구하는 방법을 사용하기도 한다[9]. 이러한 방법이 가능하게 된 것은 인체 조직을 구성하는 세포들은 각각의 위치에서 일정한 물리적 자극을 받고 있고, 이러한 자극에 세포는 반응을 보임으로 세포실험 시 실제와 유사한 환경을 제공하는 바이오리액터를 도입하였기 때문이다[10,11]. 이러한 방법은 초음파의 효능을 평가하는 연구에서 이용되며, 실제로 초음파를 이용하여 골의 기계적강도의 증가와 골유합 시간이 감소되는 골절치유 효능을 확인하는 연구나[12,13], 동물실험을 통한 골절치유 촉진효과[14,15] 등 초음파 효과연구에 사용되었다. 이러한 선행연구의 결과에는 직접적인 접촉, 매질에 의한 진동이 모티브가 되어 효과가 나타난 것으로 판단된다[16]. 결과적으로 순수한 음파를 이용한 연구는 선행 연구를 찾기 어려우며, 실제 음파가 인체의 생리기능에 미치는 영향에 대한 연구가 미비하다.

따라서 본 연구에서는 음파의 여러 기전 중 물리적 진동에 의한 영향을 배제한 음파의 소리에너지에 대한 영향을 연구하였다. 이에 저 강도 음파 조사가 인체 생리기능 활성화에 미치는 영향을 알아보고자 저 강도의 50Hz, 100Hz, 1000Hz의 음파를 세포에 조사하여 세포의 활성도를 보기위한 예비실험으로 진행하였다.

2. 연구방법

본 연구를 위하여 음파 발생장치를 다음과 같이 구성하였다. 먼저 주파수를 발생시키는 function generator(FG-7002C, EG Digital Co., ltd)는 주파수 대역 0.02Hz~2MHz, 10Vp-p의 출력의 스펙을 가지고 있으며, 출력장치로는 4Ω, MAX 40W 스피커를 사용했다.



Fig. 1 Test equipment (function generator & speaker)

음파는 Function Generator의 최대 출력인 10Vp-p의 출력을 스피커에 직접 연결하여 발생시켰으며, 주파수는 정현파 50Hz, 100Hz, 1000Hz로 왜곡이나 찌그러짐이 없도록 조절하여 사용하였다. 또한 세포에 물리적인 진동을 최소화하기 위하여 배양접시에서 30cm 이상 떨어진 곳에서 음파를 발생시켰다.

실험에 사용한 세포는 줄기세포인 UC-MSC를 사용하였으며, 동국대학교 생명공학연구원에서 분양받아 사용하였고, 배양액은 Low-DMEM에 FBS 10%, 항생제 1%를 첨가하여 사용하였다. 비교실험을 위하여 두 대의 인큐베이터내부는 37℃, 습도 95%, CO₂ 5%의 조건을 유지하였고, 한 대의 인큐베이터에만 음파 발생 스피커를 설치했다. 세포는 6well 배양접시6개에 동일하게 파종하여 24시간 배양 후부터 음파를 조사하여, 음파 조사 후 24시간, 48시간, 72시간에 각각 MTT assay를 실시하여 대조군과 음파를 조사한 실험 군을 비교하며, 각 주파수별 3회 반복 실험하였다.

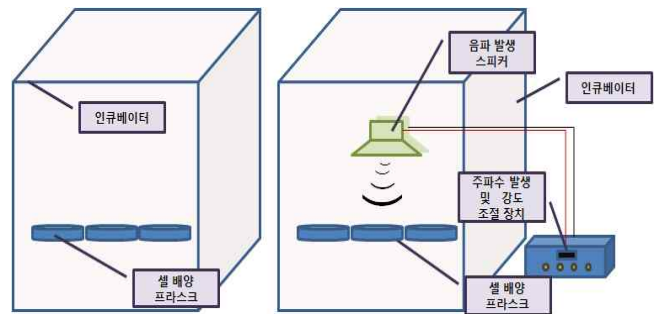


Fig. 2 The experimental settings

3. 결과 및 고찰

줄기세포의 증식 및 활성화를 확인하기 위해 각 주파수별로 10V p-p의 강도로 24시간, 48시간, 72시간씩 음파를 조사하였고, 결과분석을 위해 24시간 조사 후 assay 한 결과를 기준으로 각 단계별 assay 결과를 환산 후 72시간에 나온 결과를 24시간에 나온 결과와의 차를 이용하여 변화량을 확인하였다.

1000Hz의 음파를 조사한 결과 대조군에 비하여 증식 및 활성화가 매우 낮은 결과를 보였다. 그러나 100Hz에서는 눈에 띄는 차이를 발견하지 못하였고, 50Hz에서는 반대로 음파조사 시 증식 및 세포의 활성도가 증가한 것을 확인할 수 있었다.

이는 주파수별로 에너지의 강도가 다르므로, 조사된 에너지차이에 의하여 활성도의 차이를 보인 것으로 사료된다. 일반적으로 주파수가 높을수록 에너지가 커지는 것으로 알려져 있다. 따라서 1000Hz의 강한 에너지가 세포 활성화를 저해하는 것으로 사료된다. 이용태 등이 쓴 “치조골 줄기세포 증식에 저 강도 초음파 자극의 효과”[8]에서는 동일하지는 않지만 에너지 조사량을 듀티 사이클로 조정하여 듀티사이클이 5%, 10%, 30%일 때 보다 50%일 경우 증식에 역효과를 미친다는 결과를 보였다. 또한 성진형 등이 쓴 “치료용 저 에너지 초음파가 배양중인 관절 연골세포에 미치는 영향”[7]에서는 고용량 고에너지의 초음파는 세포를 손상시킨다고 보고하였다.

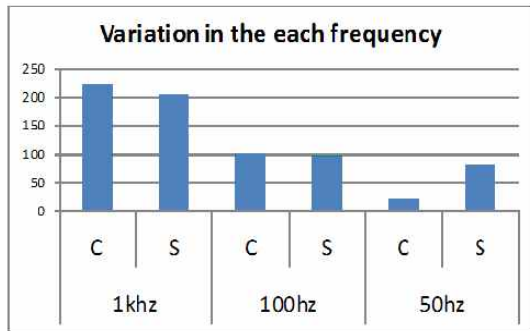


Fig. 3 Variation in the each frequency

또한 저강도 에너지에서 세포의 활성화를 보임은 이응태 등의 “치조골 줄기세포 증식에 저 강도 초음파 자극의 효과”[8]와 성진형 등의 “치료용 저 에너지 초음파가 배양중인 관절 연골세포에 미치는 영향”[7], 박해상 등의 “저강도 초음파 치료가 MIA 유발 관절염 쥐에 미치는 효과”[6] 와 유사한 양상을 보였다.

이는 본 연구의 결과인 에너지 조사에 있어 과한 에너지는 세포증식에 부정적인 효과를 보이고 저강도 에너지는 세포증식에 긍정적인 효과를 보임과 유사하다고 판단되며, 본 실험은 초음파가 아닌 음파를 이용한 것으로 사전 연구와 비슷한 결과는 음파의 진동에너지 뿐 아니라 소리를 통한 에너지 전달의 효과를 확인한 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 저 강도 음파가 인체 생리기능 활성화에 미치는 영향을 알아보기 위해 세포단위에서 주파수 변화에 따른 세포증식 및 활성화를 확인하고자 진행한 예비 실험이다.

실험결과 1000Hz에서는 음파 조사가 세포에서 세포증식 및 활성화에 부정적인 영향을 보였으며, 100Hz에서는 음파조사의 영향이 거의 없는 듯 보였다. 그러나 50Hz에서는 음파 조사가 세포의 증식 및 활성화에 긍정적인 영향을 보임으로 에너지 준위가 낮은 저 주파수의 음파가 생리기능 활성화에 긍정적인 효과를 보이는 것으로 사료된다.

추후 주파수 변화 뿐 아니라 에너지 강도 및 파형의 변화, 조사시간의 차이 등의 변수를 다양화 하여 인체 생리기능 활성화를 위한 최적화된 음파에너지에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 한국연구재단을 통해 교육과학기술부의 미래유망 융합기술 파ioni어사업으로부터 지원받아 수행되었습니다 (2009-0082947).

참고문헌

1. 민병찬, 전광진, 김형욱. “생활소음 및 명상음악 자극에 따른 뇌파변동리듬해석,” 대한인간공학회 춘계학술대회논문집, 5, 281-284, 2006
2. 전용용, 조암. “1/f 변동리듬 특성을 가지는 음이 쾌적감성에 미치는 영향,” 대한인간공학회, 25, 9 -22, 2006
3. 김동욱, 박상규, “저주파소음 노출에 의한 체내의 요충 Catecholamine 변화 연구,” 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, 616-620, 2002
4. Wang, X., Wang, B., Jia. Y., Huo. D., Duan. C., "Effect of sound stimulation on cell cycle of chrysanthemum," Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 29, 103-107, 2003
5. 이용준, 송영환, “산란계에 있어서 육성기의 소리자극이 육성 성적, 섭취행동 및 산란율에 미치는 영향,” 축산시설환경, 6, 91-96, 2000

6. 박해상, 김준선, “저강도 초음파 치료가 MIA 유발 관절염 쥐에 미치는 효과,” 대한스포츠의학회지, 27, 27-32, 2009
7. 성진형, 류재덕, 김원유, 한창환, 신상영, 최은석, 김진영, “치료용 저 에너지 초음파가 배양중인 관절 연골세포에 미치는 영향,” 대한정형외과학회지, 34, 617-624, 1999
8. 이응태, 임기택, 김장호, 임예리, 손현목, 조중수, 정필훈, 정중훈, “치조골 줄기세포 증식에 저강도 초음파 자극의 효과,” 한국조직공학 및 재생의학회, 5, 572-580, 2008
9. KH Yang, J Parvizi, SJ Wang, et al., “Exposure to low-intensity ultrasound increases aggrecan gene expression in a rat femur fracture model.” J Orthop Res, 14, 802-809 1996.
10. R Sodian, T Lemke, C Fritche, et al., “Tissue-engineering bioreactors: a new combined cell-seeding and perfusion system for vascular tissue engineering,” Tissue Eng, 8, 863-870, 2002.
11. LE Freed, AP Hollander, I Martin, et al., “Chondrogenesis in a cell-polymer-bioreactor system,” Exp Cell Res, 240, 58-65, 1998.
12. ATK Kristiansen, JP Ryaby, J McCabe, et al., “Accelerated healing of distal radial fractures with the use of specific, lowintensity ultrasound, a multicenter, prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled study,” J Bone Joint Surgery, 79, 961-973, 1997.
13. M Dyson, M Brookes, “Stimulation of bone repair by ultrasound,” Ultrasound Med Biol Suppl, 2, 61-66, 1983.
14. LR Duarte, “The stimulation of bone growth by ultrasound,” Arch Orthop Trauma Surg, 101, 153-159, 1983.
15. W Klug, WG Franke, HG Knoch, “Scintigraphic control of bone-fracture healing under ultrasonic stimulation: An animal experimental study,” Eur J Nucl Med, 11, 494-497, 1986.
16. S.I. Kubarev, A.S. Shigaev, V.O. Ponomarev, O.A. Ponomarev, I.P. Susak, “Simulation of sound vibrations effect on radical pair recombination probability,” Chemical Physics Letters, 423, 401-406, 2006