

생체 외 실험에서 혈액 pH변화에 따른 펄스자기장의 지속성 관찰

이보람¹, 최유경², 이현숙*

상지대학교 디지털헬스케어학과¹

Persistence of pulsed magnetic fields on the changes of blood pH *in-vitro*

Boram Lee¹, Yukyung Choi², Hynsook Lee*

Department of Digital Healthcare, Sangji University, Korea

*hslee@sangji.ac.kr

Abstract

Blood circulation and pH change in the human body are very important. Through previous studies, the pulsed magnetic field(PMF) is known to have a positive effect on blood flow by improving the rouleaux formation of red blood cells and deformation of the red blood cell membrane. The purpose of this study was to prove the efficacy of PMF in circulating blood through pH change by fabricating a microcirculation system that mimics blood flow *in vivo*. After PMF stimulation in acidified blood, the pH of the blood increased by 2.8%, and it was seen that the pH homeostasis was restored. As a result, this study suggests that PMF can be used for the treatment of blood circulation disorders and acidosis.

1. 연구 배경

인체 내 pH변화는 산증 및 염증을 유발하는 데에 있어서 큰 영향을 미친다. 산증이 발생할 경우 인체 내 pH감소 뿐만 아니라 중탄산염 농도와 심장근수축 기능이 저하되며, 체내 염증이 있는 경우에도 pH감소와 더불어 과한 통증을 유발한다[1]. 따라서 인체 내 산-염기 평형은 일정하게 유지되어야 한다. 현재까지는 산증이 유발될 경우 중탄산염을 투입하여 알칼리화를 유도하는 침습적인 방법을 사용하여 치료를 하게 되는데 이러한 치료방법은 비침습적인 방법과 달리 인체 내부를 과알칼리화 시키는 부작용이 있다[2].

선행연구를 통해 펄스자기장의 효능 및 혈액에 미치는 긍정적인 영향을 살펴볼 수 있다. 하지만 대부분의 선행연구들은 혈액이 담긴 튜브에 펄스자기장을 인가하여 실험을 진행하였다는 공통점이 있다. 인체 내 혈액은 순환을 하면서 항상성을 유지하기 때문에 이번 연구에서 순환하는 혈액에 펄스자기장을 인가했을 때 최적조건을 수립하는데 발판을 마련하여 기존 자극조건과 차이점을 확인하고 펄스자기장을 이용한 치료방법에 추가적인 근거를 마련하는데 도움이 될 것이다.

따라서 이번 연구에서는 인체 내를 모방한 *In-vitro* 실험으로 동맥혈관을 모방한 미세순환시스템을

이용하여 순환하는 혈액의 pH변화 관찰을 통해 비침습적인 펄스자기장을 통한 효과적인 치료방법의 추가적인 근거를 마련하고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 사각형의 단면적(3.0*1.0mm)을 가진 코일을 10번 감아서 긴 타원형의 모양으로 제작하여 사용하였다. 펄스자기장 시스템의 사양은 0.27T의 세기를 가지며, transition time이 0.102ms이다.

그림 1과 같이 미세순환시스템은 인체의 세동맥과 동맥의 직경을 참고하여 세동맥은 직경 100 μ m인 미세튜브로 구현하였으며 동맥은 PDMS를 이용하여 직경 500 μ m의 미세채널로 제작하였다.

혈액을 순환시키기 위해 Tubing pump(TAKASA-GO ELECTRIC, RP-TX)를 사용하였으며 아두이노 프로그램을 통해 혈류흐름을 제어하였다. 미세순환시스템 내에서 혈액이 순환하는 속도는 인체내 동맥이나 세동맥의 혈류속도와 유사하게 약 500 μ m/s의 속도를 유지하도록 제어하였다. 실험에서 사용된 혈액은 IRB면제 심의 후 대한적십자 강원혈액원으로부터 농축적혈구(RBC)와 신선동결혈장(FFP)을 제공받아서 실제 인체와 유사하게 적혈구용적률(Hematocrit)을 45%로 맞추고 난 후 혈액을 사용하였다.

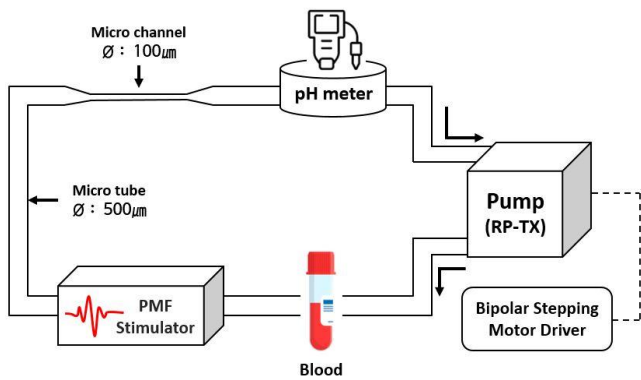


그림 1. 직접 제작한 미세순환시스템 간략도

펄스자기장 자극 전후로 산성화된 혈액의 pH변화를 관찰하며 펄스자기장의 효능을 보기 위해 혈액은 시트르산 0.10M을 주입하여 pH6.9~7.0으로 산성화를 유도한 후 실험을 진행하였다.

3. 연구 결과

사전에 준비한 산성화된 혈액샘플을 미세순환시스템의 미세튜브에 주입한 후 약 500μm/s 의 흐름을 순환을 유지하는지 확인하였다. PMF를 가하지 않고 30분 순환시킨 대조군과 펄스자기장을 0.27T의 세기로 3분 동안 자극한 실험군을 이용하였으며 펄스자기장 자극 후에 3시간 동안 정해진 시간간격으로 pH변화를 모니터링 하였다. 같은 실험은 총 9번 반복한 후 평균을 내어 그래프화 하였다.

그림 2와 같이 펄스자기장(PMF)를 인가하지 않은 대조군은 30분 동안 순환한 후 평균 pH를 관측한 결과 pH7.0으로 처음과 동일하게 산성화된 혈액을 유지하고 있는 것으로 관찰되었다. 그에 비해 펄스자기장(PMF)을 자극하고 3시간 동안 관찰한 결과 자극 후 30분에서 2시간 동안 pH가 약 3% 증가하여 pH가 정상 혈액pH 수준을 유지하는 것으로 보였다. 3시간 이후부터는 pH가 다시 감소하였지만 대조군보다는 pH수치가 높게 형성 되어있는 것을 관찰할 수 있었다.

pH가 2시간 이후 감소하는 원인은 혈액이 펌프를 통해 미세순환시스템을 순환하면서 공기에 노출됨으로서 혈액의 응집이 미묘하게 발생한 것으로 생각된다. 더불어 순환 혈액이 자기장 자극에 대한 내성이 발생하여 효능이 감소한 것으로 판단된다. 본 연구를 통해 펄스자기장의 산성화된 혈액에 대한 pH회복 효능 연구가 더 필요한 것으로 보인다. 따라서 미세혈관순환시스템 내에서 산성화 된 혈액에 대한 자기장 자극시간의 최적화 실험을 통해 그에 따른 pH모니터링을 추가적으로 진행하고자 한다.

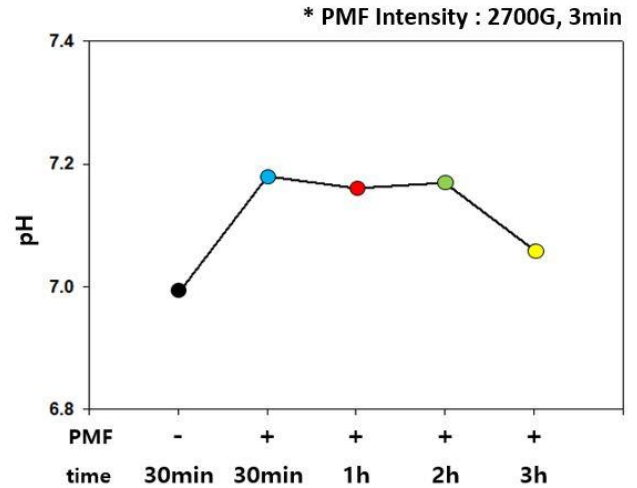


그림 2. 고정된 세기와 시간으로 순환하는 혈액에 펄스자기장 자극 전후 pH변화와 지속성 관찰결과(n=9)

4. Acknowledgements

이 논문은 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 이공분야기초연구사업(NRF-2021R1F1A1060167)의 지원으로 수행한 결과이다.

5.참고 문헌

- [1]. S. B. Park, "Metabolic Acidosis" *Korean Journal of Medicine*, Vol. 53, No.2, p.664 1997
- [2]. H. C. Baek, "Strategies to increase survival rates in patients with acute renal failure" *Korean Society of Veterinary Clinics*, p.29-37, 2008