

음파진동을 이용한 토끼의 림프관내 프리모관 분리와 수득률 향상 특성 연구

허준이¹ · 정지환¹ · 최동희^{2,3} · 이혜리¹ · 노영일¹ · 한문영¹ · 정연철¹ · 이재연¹
서경주¹ · 박지수¹ · 김누리¹ · 이규환¹ · 배유미¹ · 이은새⁴ · 이상석^{1,3}

¹상지대학교 한방의료공학과, ²(주)소닉월드, ³상지대학교 중소기업 계약학과 응용전자공학과, ⁴상지대학교 생활과학산업학과

Isolation and Yield Enhancement of Primo Vessels Inside of Rabbit Lymph Vessels by Using Sound Wave Vibration

June-Yi Heo¹, Ji-Hwan Chung¹, Dong-Hee Choi^{2,3}, Hye-Rie Lee¹, Young-Il Noh¹,
Moon-Young Han¹, Yeon-Chul Jeong¹, Jae-Yeon Lee¹, Kyeong-Ju Seo¹, Ji-Su Park¹,
Nu-Ri Kim¹, Kyu-Hwan Lee¹, Yu-Mi Bae¹, Eun-Sae Lee⁴, Sang-Suk Lee^{1,3}

¹Department of Oriental Biomedical Engineering, Sangji University, ²Sonic World Co. Ltd.,

³Department of Applied Electrical Engineering, Sangji University, ⁴Department of Life Science Industry, Sangji University

Objectives : The fact that Primo vessel as a new circulatory system exists in the lymphatic vessels of the rabbits which were treated with sound wave vibration therapy is confirmed with the anatomy of rabbit. Isolated Primo vessel is investigated, particularly focused on morphological features. **Methods :** Before the anatomy, a rabbit in a cage box was laid on the sound wave vibrating apparatus and then is applied by various frequencies and intensities for 30 min with music that a rabbit likes. **Results :** Isolation and observation of Primo vessel was easier when the lymphatic circular system was applied at a certain frequency and intensity of 7 Hz and 50. The probability of observation for Primo vessel enhanced to 90%. **Conclusions :** The sound wave therapy by a vibration apparatus is considered necessary as major process to facilitate the reproducible isolation and observation of Primo vessel.

Key words : sound wave vibration, lymph vessel, Primo vessel, yield enhancement, rabbit, anatomical experiment

서 론

침놓는 자리(경혈)는 수천 년 전부터 알려져 왔으며 인체에는 360여 개의 중요 혈 자리가 있다. 이들은 제 멋대로 있는 것이 아니라 일정한 선을 따라 전신에 그물처럼 퍼져 있다. 경혈을 이어주는 선을 경락이라고 하고 인체의 또 다른 순환체계로 이루어져 있다^{1,2)}. 경혈은 건강 수련과 질병 치료에서 가장 중요한 생명의 핵심이다.

그런데 한의학에서 인정하는 이 경락이 우리 몸에 현미경적 실체로 존재한다는 것이 아직까지 밝혀지지 않았다^{3,4)}. 서양 의학계에는 경혈과 경락은 실체가 없고, 오직 신경의 특별한 작용이라는 신경학 설이 대세이다. 그들은 침을 맞으면 말초신경이 자극되고 뇌로 신호가 전달되어 몸에 치료하도록 명령이 내려간다고 생각한다.

근대의학은 혈액 및 림프의 순환의 발견에 의해서 서양의학은 비약적인 발전을 이룩했다^{5,6)}. 그만큼 우리 몸의 혈액순환계와 림프

Received May 24, 2013, Revised June 14, 2013, Accepted June 14, 2013

Corresponding author: Sang-Suk Lee

Department of Oriental Biomedical Engineering, Sangji University, San 660, Woosan-dong, Wonju 220-702, Korea

Tel: +82-33-730-0415, Fax: +82-33-738-7610, E-mail: sslee@sangji.ac.kr

This research was supported by the National Research Foundation of Korea(2011-0007552) and Sangji University Research Fund, 2012.

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

순환계를 발견한 것이 서양의학에 비약적 발전을 가져왔듯이 경락 순환계의 발견은 동양의학을 획기적으로 발전시킬 수 있을 것이다. 한의학은 수천 년 동안 동양 사람들의 건강을 지켜온 의학이었다. 다행히 미국과 유럽에서 한약과 침구에 대한 연구가 광범위하게 진행되자 한국에서도 한의학에 대한 시기가 달라졌다. 경락순환계의 발견은 동양의학 발전을 가속시킬 것이다.

최근 한국에서는 경혈경락에 관한 자연과학적 접근이 성과를 내고 있다. 침놓는 자리(경혈)에 프리모 노드(Primo node)라는 곳으로 작은 관들이 모여 있으며, 작은 알갱이 같은 조직이 있고 이를 잇는 선(경락)은 프리모관(Primo vessel)이란 조직으로 그 안에 액체가 흐르는 것으로 알려져 있다^{7,8)}. 의학에서 말하는 경락은 기의 순환체계 중 피부에 분포된 일부이며, 프리모관은 이를 포함해 혈관 속, 장기표면 등 몸 속 전체에 퍼져 있다는 이론이다. 프리모관 안에서는 산알(살아 있는 알)이 프리모액을 따라 흐르면서 세포재생, 조혈작용 등을 한다는 것이다^{9,10)}.

2004년부터 본격적인 프리모 연구가 시작된 이래 현미경의 장기표면에서 프리모관 및 프리모 노드라고 생각되는 것을 현미경으로 관찰하였다. 프리모관 내부에서 둥근 알 모양의 DNA를 갖는 작은 세포를 발견했으며 이것이 산알이라고 발표되었다. 프리모 노드, 프리모 관, 경혈, 경락 그리고 기(氣)의 관계에 대해서도 일반적인 고찰로는 산알은 DNA를 함유하고 있다. DNA에서 생물광자(biophoton)가 방사되므로 산알도 생물광자를 방사하는 것으로 알려져 있다. 따라서 기(氣)란 산알이 방사하는 생물광자의 복합체인 양자정보(quantum information)일 수도 있다¹¹⁾.

또한 전자현미경, 나노 입자, 형광 안료 등의 실험 기자재와 동물 실험을 통해 혈관 안에서 30~50 μm 굵기의 관을 발견했다. 이 관은 현재까지 서양의학계에 알려지지 않은 전혀 새로운 현미경적 실체였으며, 특히 관다발 구조로 조직학적으로 연구되었다. 그 동안 해부학자들이 이 관을 발견할 수 없었던 이유는 관이 투명해 혈전과의 구별이 어려웠기 때문이다. 또 이 관이 식물뿌리처럼 내부가 치밀하고, 그 안에 집어넣은 형광염료가 혈류보다 아주 느리게(분당 0.3 mm) 이동하며, 관 안에 면역세포나 호르몬 등이 있다는 사실 등도 추가로 발표되었다^{12,13)}.

쥐와 토끼를 대상으로 장기표면, 혈관, 림프관 등의 세 군데에서 프리모관 조직을 발견했다. 피부의 경혈로부터 몸 속의 장기로 액체가 흐르는 순환경로를 추적 중에 있다. 이렇게 동물의 전신에 거미줄같이 퍼져있는 프리모관의 그물망을 찾는 것이 완성된다면 이 기술은 곧 인체에 응용될 것이다.

한편, 음악의 경우 사람이 긴장을 하면 교감신경이 활성화 되면서 혈관이 수축된다. 그것은 혈관 하나에만 포함되는 경우는 아니

다. 본 연구에서 실험하는 프리모 실험의 경우 림프관 안의 프리모관을 찾고 확인하는 것이 주요한 문제인데 이 때 토끼가 긴장을 할 경우에 림프관 및 프리모관의 확인이 더 어렵게 되는 것이다. 이 때문에 정신적으로 좀 더 편안하게 하도록 음악을 들려주는 것이다. 음악 치료는 치료적인 목적, 즉 정신과 신체 건강을 복원 및 유지하며 향상시키기 위해 음악을 사용하는 것이다. 음악 치료의 목적은 장애나 질환을 갖고 있는 사람들의 증상이나 기능의 저하를 조금이라도 완화시키고, 그 사람들이 당하고 있는 고통이나 번뇌를 덜 수 있으면 경감시켜 주는 것이다¹⁴⁾.

본 연구의 목적으로서 림프관내 프리모관을 발견하는데 적용한 기기는 음파요동 진동기와 음악이다. 이 2가지는 프리모관을 찾는 데 용이하기 위해 사용될 것으로 보았다. 음파동 진동기의 경우 3~50 Hz의 정밀한 주파수로 음파진동을 신체에 전달해 관절이나 인대에 무리를 주지 않고도 근력 강화, 골밀도 증가, 혈액순환 및 림프순환을 개선시킬 수 있다.

본 연구에서 토끼의 림프관내에 염색액을 주입하여 프리모관을 쉽게 분리해 내는 방법과 음파진동요법을 적용하는 기법을 제시하였다. 즉, 토끼를 해부하기 전, 상자에 담겨있는 토끼를 음파동 진동기에 올린 다음, 음파동 진동 주파수와 강도세기를 달리하여 음파에너지를 30분간 인가하고 동시에 토끼가 좋아하는 음악을 틀어 주었다. 음파요동기가 토끼에 적용되었을 때 림프순환계를 활성화시켜 프리모관 구조를 직접적으로 쉽게 찾을 수 있도록 했다. 토끼 해부실험을 통해서 프리모 관이 림프관내 존재하는 것을 관찰할 수 있는 발견 확률과 분리된 프리모관의 직경과 길이와 모양을 포함하는 형태구조학적 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구의 토끼 해부실험은 상지대학교 동물실험윤리위원회(IACUC)에서 심의를 거쳐 승인(번호: 2012-1)된 동물실험윤리규정을 따랐다. 해부실험에 필요한 먼저 토끼, 마취제, 염색약, 알콜, 식염수, 전자저울, 전자현미경, 마이크로 핀셋, 실험용 가위, 실험용 집게, 마이크로 튜브 등을 준비한다. 여기서 마취제로 졸레틸(Zoletil 0.5 ml)과 림프(Rompun 2.5 ml)을 희석한 것을 사용하였고, 염색약으로는 Alcian Blue Powder 50 mg을 증류수와 식염수를 각각 1 : 100인 PBS 5 ml에 담아 약 5분간 흔들어서 섞이게 한 다음 마이크로 필터링을 거쳤다^{15,16)}.

좀 더 깨끗하고 확실하게 복부에 있는 림프관 시스템을 찾기 위해 하루나 이를 동안 물과 음식을 주지 않는 금식한 토끼를 준비시

킨다. 토끼는 충청북도 음성에 소재한 대한바이오링크 회사에서 공급한 뉴질랜드산으로 성별은 암컷이며, 나이는 10주차 그리고 무게는 1.5~1.8 kg이다.

해부시 다음의 3가지 사항을 주의하였다. ① 토끼의 체온과 같은 온도(약 40도)의 식염수(Saline)를 장기에 틱틈이 뿌려주어 체액의 순환이 원활하도록 해준다. ② 출혈이 있으면 거즈로 지혈을 해준다. ③ 핀셋으로 막을 뜯으며 관찰시 혈관을 건드리지 않도록 최대한 조심한다.

토끼 해부의 전체의 실험과정으로는 아래의 주요한 6단계를 거친다.

1. 음악과 음파인가 단계

- ① 토끼를 상자에 담아놓은 채, 음파동 진동기기에 올려놓는다.
- ② 평상시 토끼가 좋아하는 음악(곡명: "healing and relaxation music for rabbits", 출처: <http://innasegalstore.com/pets-animals/healing-relaxation-music-for-rabbits>)을 틀어준다.
- ③ 음파동 진동기기의 주파수와 강도를 설정하여 30분간 인가한다.

2. 동물 실험 준비 단계

- ① 토끼의 다리근육에 마취제를 주사한다. 3 ml 주사기를 이용하여 마취제(Zoletil 0.5 ml + Rompun 2.5 ml)를 만들어 토끼 다리의 근육에 주입한다.
- ② 복부의 털을 깎는다. 마취된 토끼를 회복하기 위한 준비로 복부 주변의 털을 제모기로 깎는다. 토끼에게 상처가 나지 않도록 주의할 필요가 있다.
- ③ 마취된 토끼를 상자에 담아놓은 채, 음파동 진동기기에 올려놓고 주파수와 강도를 설정하여 10분간 인가한다.
- ④ 실험대 위에 토끼를 대(大)자로 눕히고 팔과 다리를 붕대로 고정시킨다.

3. 회복 단계

- ① 복부 전체에 알코올을 뿌려 소독 해준다.
- ② 실험용 가위로 복부 피부 층의 중양을 가른다.
- ③ 복막이 드러나면 중양에 백선이 보이는 부분을 따라 방광(Bladder)부터 위(Stomach)의 중양이 보이는 곳까지 가른다.
- ④ 장기들을 밖으로 꺼내어 한 쪽으로 치워놓고 거즈를 덮어놓는다. 장기가 마르지 않도록 saline 틱틈이 뿌려준다.
- ⑤ 방광(Bladder)에 소변(Urine)이 차 있으면 주사기로 소변(Urine)을 빼주어 탐색 시야를 확보한다.

4. 염색 단계

염색약: Alcian Blue Powder 0.05 g + PBS 1×5 ml (1 : 100 비율)

- ① 림프절(Lymph Node) 또는 림프관(Lymph Vessel)을 찾아 염색약(Alcian Blue Solution)을 주입한다.
- ② 염색약(Alcian Blue Solution)이 주입되어 림프관을 타고 푸른색의 액이 흐르는 것이 확인이 되면 Washing이 될 때까지 기다린다.

5. 관찰 및 프리모 추출 단계

- ① 현미경으로 관찰을 하면서 림프관 속에 염색된 프리모를 찾는다. Washing 된 림프관 안에 가느다란 실 같은 모양의 프리모를 관찰한다. 프리모가 잘 보이지 않는다면, 혈관 근처 조직을 핀셋으로 찢으면서 찾아본다. 프리모는 토끼의 상태에 따라 그리고 여러 가지 복합적인 요인으로 항상 보이지만은 않는다.
- ② 프리모관을 발견하고 림프관 안에 있는 프리모관을 채취하기 위해서 핀셋을 이용해 조심스럽게 림프관을 제거한다. 림프관을 제거하면 프리모관은 수축되는 경우가 있다. 또한 마이크로 핀셋으로 림프관과 함께 필요한 부분을 추출해 PBS(phosphate buffered saline) 1 : 100 비율의 5 ml가 담긴 마이크로 튜브(Eppendorf Tubes)에 넣어 냉장고에 보관한다.

6. 안락사 단계

- ① 프리모관을 채취하였다면, 실험이 끝난다.
 - ② Urethan 10 ml를 심장에 주입하여 토끼에게는 안락사를 취한다.
- 위에서 설명한 동물준비부터 안락사까지의 전체적인 토끼 해부 실험과정은 Fig. 1와 같은 순서대로 요약할 수 있다.

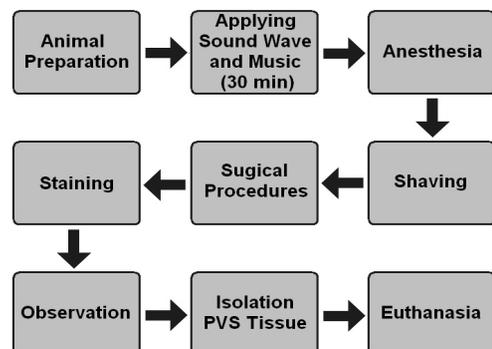


Fig. 1. Total surgical anatomical procedures for observation, isolation, and extraction of primo vessel inside of rabbit's lymph vessel.

Fig. 2는 음파동 진동기기의 진동 메커니즘을 나타낸 것이다. 음파동 진동기기는 스피커의 원리로 음파장을 만들어 내어 주파수와 세기의 강도를 조절하여 플레이트에 올라간 사람의 인체의 기관에 음파에너지를 전달해주는 장치이다. Fig. 2에서 알 수 있듯이 MP(music palyer)나 PC에서 나오는 음악을 연결하여 음악 진동수와 음원의 세기가 인가될 수 있도록 고안되어있다. 음파동 진동은 여러 주파수마다 인체의 뼈나 골절, 청각신경과 근육에 구별된 부분에 인가된다. 근래에 순환계, 내분비계, 근골격계에 골고루 영향을 미친다는 연구결과가 발표되어 실내에서 인체의 운동을 할 수 있는 기기로 널리 공급되고 있다¹⁷⁾.

Fig. 3는 음악과 음파동 진동기기를 토끼에 적용하는 모습을 보여주는 사진이다. Fig. 3A는 마취하기 전에 케이지(상자) 안에 있는 토끼가 음악과 음파요동을 동시에 적용되는 모습이다. Fig. 3B와 Fig. 3C는 음파동 진동기기의 세기와 주파수를 조절하는 부분과 토끼가 좋아하는 음악을 같이 제공하는 모습이다. Fig. 3D 마취와 Shaving을 한 토끼가 케이지 안에서 적절한 주파수와 세기로 음파요동이 적용되는 모습이다. 음파동 진동기기의 경우, 3~50 Hz의 정밀한 음파진동을 신체에 전달해 관절이나 인대에 무리를 주지 않고도 근력 강화와 골밀도 증가 그리고 혈액순환 및 림프순환을 개선을 시키는 기능을 가지고 있다^{14,17-19)}. 또한 이 음파동 진동기

기는 토끼에 전달되는 음파(Sound Wave)의 3~50 Hz의 주파수를 이용하여 엷드리거나 누운 자세에서도 전신운동과 부위별 집중운동을 할 수 있는 효과를 줄 수 있다.

결 과

이 실험에서는 마취 전에 인가하는 음파동 주파수와 강도, 그리고 음악의 인가 여부로 설정하였다. 또한 토끼에게 마취를 한 후 10분간 음파동과 음악을 인가하였다. 이 실험을 통해서, 프리모관의 직경 또는 길이를 관찰할 수 있었다. 하지만 이 실험에서 항상 프리모관이 발견되지 않았을 뿐만 아니라, 프리모관의 형태까지 다른 것을 알 수 있었다. 실험을 한 횟수가 많지는 않았기 때문에 어떠한 재현성을 찾기는 어려웠다.

복대정맥 부근에 있는 프리모 관을 분리하는데 필요한 대표적인 6단계의 각 과정을 사진으로 Fig. 4에 나타내었다. 먼저 Fig. 4A와 4B처럼 복대정맥의 부근의 가장 큰 림프절을 찾아 주사기를 조심스럽게 찌는다. Fig. 4C는 Alcian blue 염색액을 림프절에 주입한 후 순식간에 염색액이 림프관을 통하여 퍼져나간 모습이다. Fig. 4D는 림프관의 염색액이 수분의 시간이 지난 후 대부분 림프액이

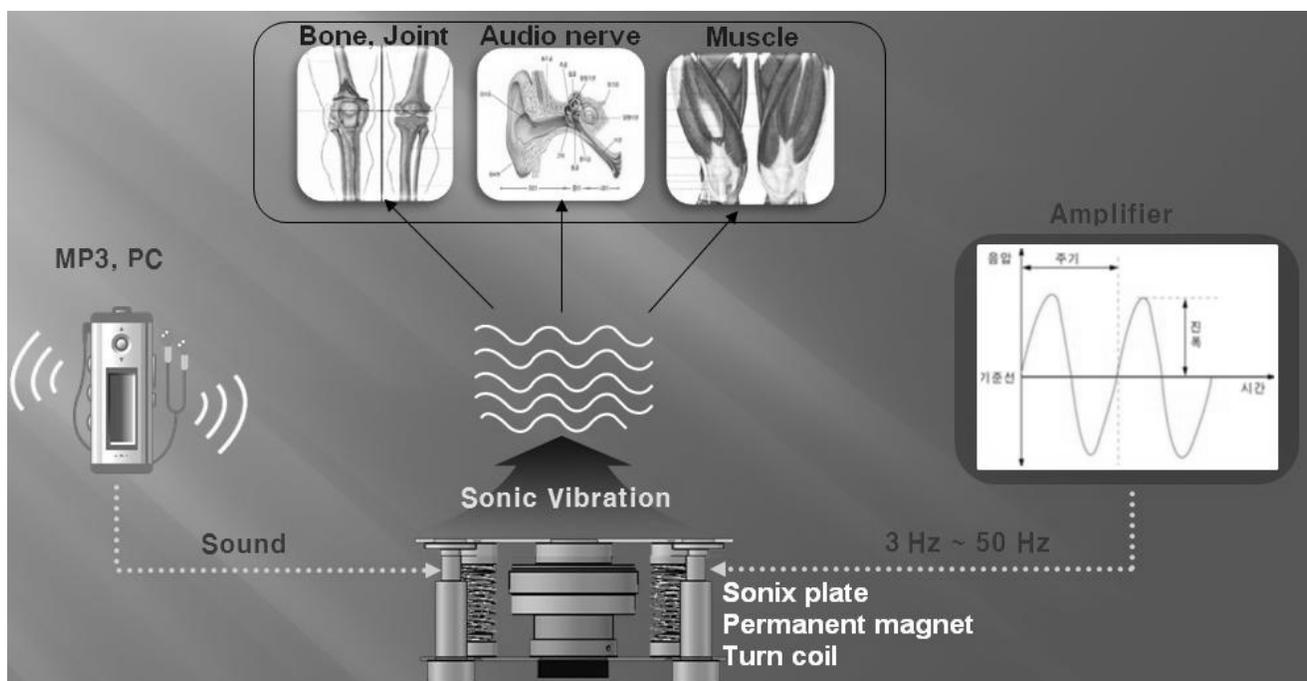


Fig. 2. Schematic of mechanism of sonic wave vibrator.

MP3 supplies a music including frequency and intensity. Sonix plate is composed of permanent magnet and a speaker coil that vibrates according to the sound wave having a various frequency and intensity. The major parts of human body affected by sonic vibration are bone and joint, audio nerve, and muscle.

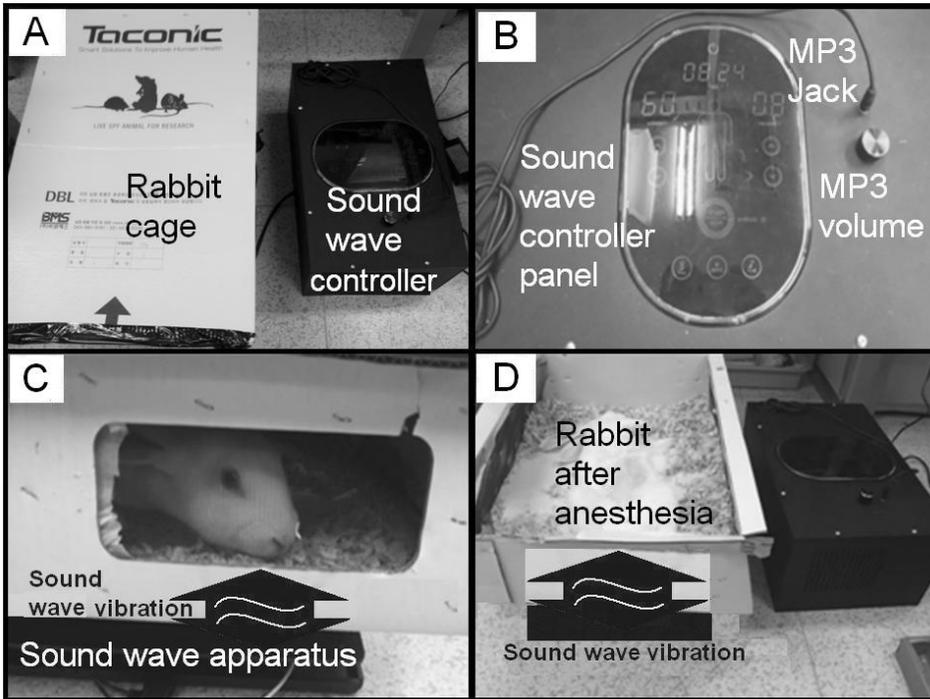


Fig. 3. Setting sonic vibration apparatus of sound wave and music.
(A) The sound wave vibration of Rabbit inside of cage before anesthesia. (B) Sound wave controller and MP3 to play music that rabbit likes. (C) The feature of rabbit operated under the sound wave and music. (D) The feature of rabbit operated under the sound wave after anesthesia.

관을 따라 흘러가면서 염색액도 서서히 묻어지면서 림프관내에 프리모관에 염색된 것만 남게 된 것을 보여준 것이다. 관다발 구조 특성을 가지고 있는 프리모관의 벽에 염색액은 붙어있는 상태로 림프액이 흘러가는 가운데 프리모관의 형태를 유지하면서 그대로 남게 된다. 이로써 림프관 내의 떠있는 상태로 프리모관의 존재를 염색된 상태로 존재함을 쉽게 관찰할 수 있다. Fig. 4E와 4F는 염색된 프리모관을 조심스럽게 채취하고 분리되는 과정을 각각 나타낸 것이다. 이러한 실험과정을 거쳐서 분리된 프리모관은 림프관과 함께 붙어서 있게 되어 PBS에 담긴 시료함에 보관하게 된다. 이것을 다시 초음파나 마이크로 핀셋을 이용하여 림프관 안에 있는 프리모관을 분리하여 프리모관을 전기 생리학적으로 혹은 조직학적 기능을 연구하는데 제공하게 된다^{20,21}. 또한 소화기관인 위와 특수한 근육에 연관된 경혈점 자극에 영향을 받는 프리모관의 전위차와 운동에 관해 기 발표한 연구결과와 비교할 수 있다^{22,23}.

본 연구에서는 관다발 구조의 핵을 가지는 프리모관의 특징을 밝히기 위해 PBS 용액에 잘 세척한 후 프리모관을 슬라이드에 놓고 Acridine orange 색소와 DAPI(4', 6-diamidino-2-phenylindole, dihydrochloride) 색소를 착색하는 현상을 공초점 레이저 스캐닝 미세 현미경으로 관찰하였다. 핵 염색 영상을 얻어 분석한 결과 전형적인 프리모관의 크기와 모양을 가진 것을 확인하였다^{15,16}.

음파동 진동기기를 적용하여 채취하기 전 프리모관의 굵기와 길이 그리고 프리모 노드와 연결되는 프리모관의 형태구조학적 데이

터를 얻을 수 있었다. 그 중에 대표적인 여러 가지 프리모관의 모습을 Fig. 5에 보여 주었다. Fig. 5A는 복대정맥 바로 옆으로 있는 직경이 수 mm 정도의 큰 형태의 림프관과 약 수백 μm 크기를 갖는 작은 형태의 림프관을 구별하여 관찰하였으며, 작은 림프관내에 프리모관을 관찰할 수 있다. Fig. 5B는 림프관 내의 여러 가지 프리모관의 서로 프리모 노드와 연결되어 다양한 형태를 갖는 프리모관을 볼 수 있다. Fig. 5C와 5D는 분리된 프리모관의 형태 구조를 보여주는 사진이다. 이러한 프리모관의 형태구조학적인 데이터를 정리하여 Table 1~3에 각각 정리하였다. 이러한 결과를 분석하여 음파동 진동과 프리모 분리방법의 향상에 관하여 설명을 하였다.

고 찰

어떤 주파수와 강도가 토끼 프리모관의 구조학적 특성을 나타내는지 확인할 수 없었으나, 확률적으로 프리모가 잘 발견되는 것과 발견되지 않는 것을 분석할 수 있었다. 이것은 토끼의 몸 상태, 즉 컨디션에 따라서도 프리모관의 구조학적 특성이 변하기도 하기 때문이다. 1번 실험과 2번 실험을 제외한 3번, 4번, 5번, 6번의 실험을 보면 강도가 20으로써 다 같게 설정되어 있음을 Table 1에서 볼 수 있다. 여기서 음파동 진동기기의 강도인 Intensity는 주어진 주파수에서 단계를 나타내는 것으로써 단위는 step을 사용한다. 가

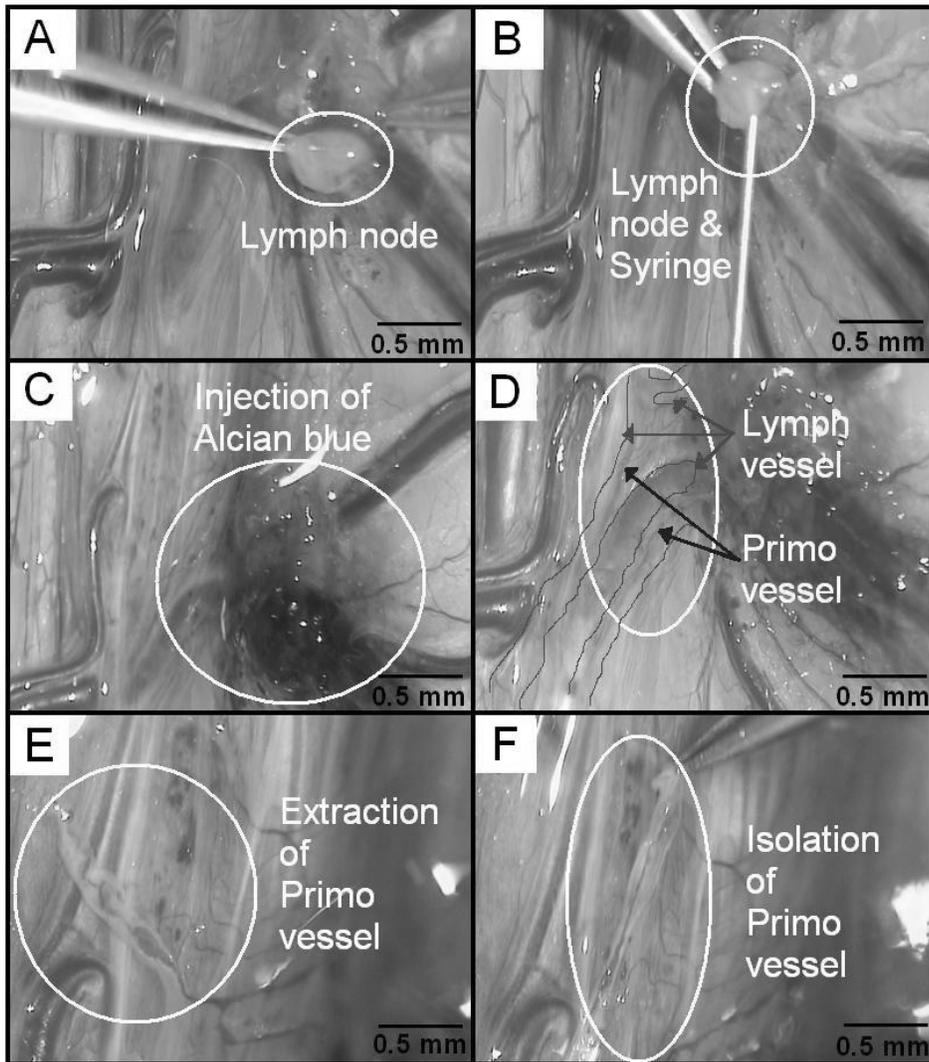


Fig. 4. The 6 step process from selection of lymph node to isolation of primo vessel. (A) Rabbit lymph node before alcian blue injection. (B) Lymphatic primo vessels stained by alcian blue and floating in lymph vessels (red solid lines). (C) Injection of alcian blue dye. (D) Observation of lymph vessel and primo vessel, (E) Extraction of primo vessel, and (F) Isolation of primo vessel.

속도센서인 콤팩트형 진동측정기(TYPE 3116, Aco Co., Ltd, Japan)으로 얻은 7 Hz에서 강도 50 step의 크기는 1.04 m/s^2 이었다. 4가지 주파수 11 Hz, 14 Hz에서는 프리모 관이 발견된 반면에 주파수 4 Hz, 30 Hz에서는 발견되지 않았음을 알 수 있다. 따라서 7 Hz를 기준해 상대적으로 낮은 주파수(4 Hz)나 크게 높은 주파수(30 Hz)에서는 프리모관의 발견이 쉽지 않았음을 알 수 있었다. 그리고 1번과 2번 실험에서는 강도와 주파수가 50 Hz와 7 Hz로 모두 같았다. 또한 프리모관도 발견할 수 있었다. 이것을 Table 1로 종합하여 음파요동기의 주파수 7 Hz, 11 Hz, 14 Hz가 발견된 것을 고려해보면, 7 Hz와 14 Hz 사이의 주파수에서 토끼 프리모관이 발견되었음을 알 수 있다. 발견된 프리모관의 굵기와 길이는 각각 약 $42.5 \mu\text{m}$ 와 약 23.5 mm 이었다.

하지만 앞서 말한 것과 같이 실험에 횟수가 많지 않았기 때문에 이것을 재현성이 있다고는 말할 수 없다. 따라서 7~11 Hz 주파수

에서 좀 더 프리모관이 발견되었다는 사실을 객관적으로 증명하기 위해서는 좀 더 많은 실험을 할 필요가 있다고 보았다. 비록 실험 횟수가 많지 않았지만, 7~14 Hz에서 프리모가 잘 발견된 사실을 가지고 2차 실험을 하게 되었다. 2차 실험에서는 1차 실험에서와 마찬가지로 먼저 7~14 Hz 주파수와 강도 60을 인가한 후, Shaving을 하고 나서 10분간 음파동을 다시 인가하였다. 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 발견된 프리모관의 굵기와 길이는 각각 약 $26.8 \mu\text{m}$ 와 약 27 mm 이었다.

Table 2를 살펴볼 때, 2차 실험 결과, 프리모관이 모두 발견되지는 않았다. 하지만 이것을 통해 주파수 7~14 Hz에서 프리모관이 발견될 확률이 높다는 것을 알게 되었다. 또한 이 음파동 진동기기를 만든 강원도 원주시 태장동 의료기기산업기술단지에 소재한 ㈜소닉월드 기업체에 따르면 기립자세의 성인을 대상으로 한 일부 실험에서 7~9 Hz의 주파수대역은 복부의 근전도에 영향을 주는

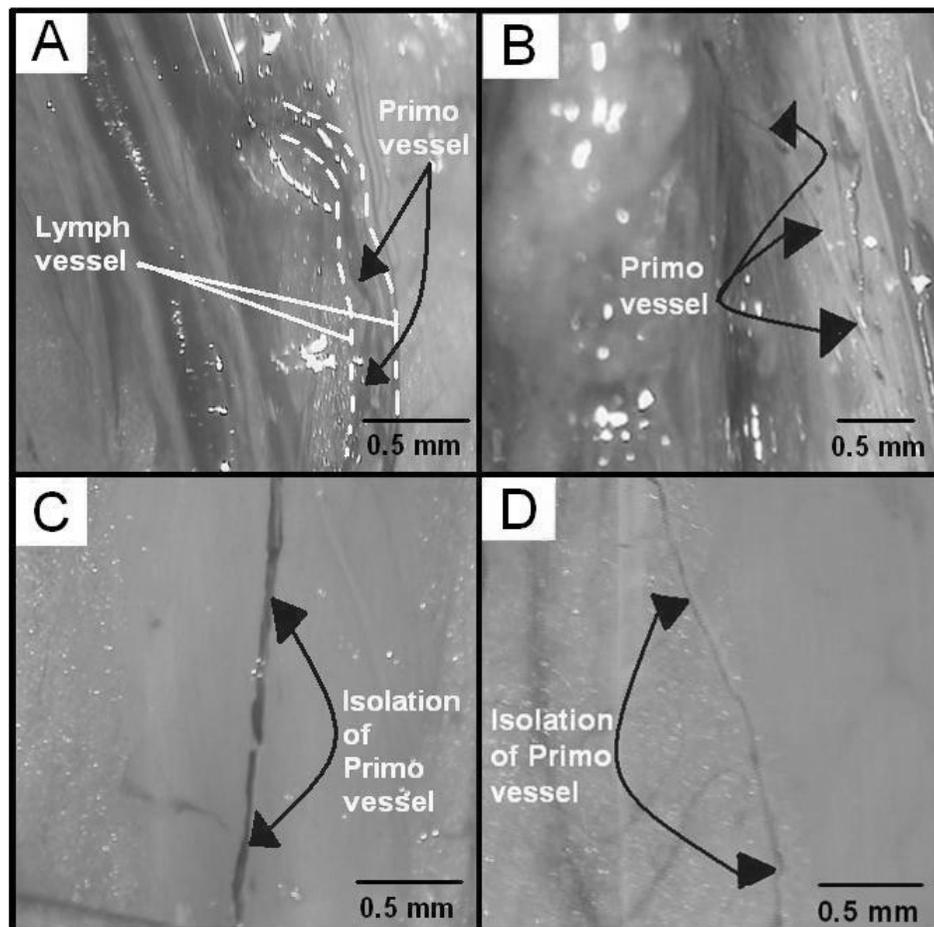


Fig. 5. The observation of typically several primo vessels applied by sound wave of frequency of 7 Hz and an intensity of 20.

(A) Large lymph vessel having a size of a few mm and small lymph vessel having a size of a few hundred μm . The primo vessel existed in lymph vessel. (B) The different several primo vessels and nodes. (C) The isolation of primo vessel from lymph vessel. (D) The measurement for length of the extracted and isolated primo vessel. All of isolated primo vessels have an average length about 23.5 mm.

Table 1. Morphological Structure and Observation of the Primo Vessel by Using Sound Wave and Music

| Subject number | Weight (kg) | Intensity (step) | Frequency (Hz) | Music | After anesthesia (10 min) | Primo vessel | P_D (μm) | P_L (cm) |
|----------------|-------------|------------------|----------------|-------|---------------------------|--------------|-------------------------|------------|
| 1 | 1.6 | 50 | 7 | × | Frequency | ○ | 35 | 2.3 |
| 2 | 1.7 | 50 | 7 | × | Frequency | ○ | 25 | 2.5 |
| 3 | 1.5 | 20 | 14 | ○ | Music On | ○ | 45 | 2.0 |
| 4 | 1.6 | 20 | 4 | ○ | Music On | × | - | - |
| 5 | 1.7 | 20 | 30 | ○ | Music On | × | - | - |
| 6 | 1.8 | 20 | 11 | ○ | Music On | ○ | 60 | 2.6 |

P_D : Diameter of primo vessel, P_L : Length of primo vessel.

Table 2. Morphological Structure and Observation of the Primo Vessel by Using Sound Wave

| Subject number | Weight (kg) | Intensity (step) | Frequency (Hz) | Music | After anesthesia (10 min) | Primo vessel | P_D (μm) | P_L (cm) |
|----------------|-------------|------------------|----------------|-------|---------------------------|--------------|-------------------------|------------|
| 1 | 1.6 | 60 | 7 | × | Frequency | ○ | 27 | 2.4 |
| 2 | 1.7 | 60 | 7 | × | Frequency | ○ | 28 | 2.0 |
| 3 | 1.5 | 60 | 7 | × | Frequency | ○ | 26 | 3.9 |
| 4 | 1.6 | 60 | 14 | × | Frequency | ○ | 23 | 2.8 |
| 5 | 1.7 | 60 | 8 | × | Frequency | ○ | 30 | 2.4 |
| 6 | 1.8 | 60 | 8 | × | Frequency | × | - | - |

P_D : Diameter of primo vessel, P_L : Length of primo vessel.

Table 3. Comparing Observation between Normal Experiment and Sound Wave Experiment

| Subject number | Normal experiment | | | Sound wave experiment | | |
|----------------|-------------------|------------------|--------------|-----------------------|-----------|--------------|
| | Frequency (Hz) | Intensity (step) | Primo vessel | Frequency (Hz) | Intensity | Primo vessel |
| 1 | - | - | ○ | 7 | 50 | ○ |
| 2 | - | - | × | 7 | 50 | ○ |
| 3 | - | - | × | 14 | 20 | ○ |
| 4 | - | - | ○ | 4 | 20 | × |
| 5 | - | - | × | 30 | 20 | × |
| 6 | - | - | ○ | 11 | 20 | ○ |
| 7 | - | - | × | 7 | 60 | ○ |
| 8 | - | - | ○ | 7 | 60 | ○ |
| 9 | - | - | ○ | 7 | 60 | ○ |
| 10 | - | - | × | 14 | 60 | ○ |
| 11 | - | - | × | 8 | 60 | ○ |
| 12 | - | - | × | 8 | 60 | × |

것으로 연구된다. ^{18,19)} 위의 내용을 본 실험에 직접 적용하는 것은 자극대상과 마취여부, 자극 자세 등을 고려할 때 무리가 있거나 그 결과에 있어 주파수대역이 일부 일치하는 것은 흥미로운 부분이라 할 수 있다.

비록 처음 이 실험을 시작하였을 때, 음파동 진동기기의 몇 주파수가 어느 부위를 자극하고 활성화시키는지 몰랐지만, 1차 실험을 통해 대략으로 복부 림프 순환계를 활성화 시키는 지역을 찾았고, 그것을 좀 더 재현성 있고 확실하기 위해 2차 실험을 통해서 토끼 복부 림프순환계의 프리모관 발견 확률이 높은 것을 알게 되었다.

또한 음파동 진동을 하지 않았던 일반 실험과 비교해 Table 3에 나타내었다. 이것을 통해 우리는 좀 더 뚜렷이, 7~14 Hz에서 프리모 발견의 확률이 높아진 것을 볼 수 있었다. 음파동 진동을 가하지 않고, 일반실험을 하였을 경우, 프리모관 발견은 12번 중 5번을 성공하여 약 42%의 확률을 나타내었다. 반면 음파를 가하였을 경우, 극단적인 4 Hz와 30 Hz의 주파수를 제외한 7~14 Hz 주파수에서는 90% 확률로 프리모관이 발견되었다.

이 실험을 통하여 음파요동을 이용한 프리모관의 형태학적 구조를 살펴보고, 더 나아가 어느 주파수 대역에서 프리모관 발견 확률이 높은지 알게 되었다. 이것으로 프리모 순환 체계를 심층적으로 연구하는데 있어서, 기본적인 프리모관 발견의 도움이 되었다고 생각한다. 이 연구는 실험을 바탕으로 프리모 순환체계를 규명하는데 전형적인 실험 프로토콜의 중요한 과정으로 확립될 것으로 기대된다.

결 론

음파요동기기를 이용하여 토끼에 음파 에너지를 가했을 때 특정 주파수에서 프리모관의 수득률 변화를 관찰하였다. 30분간 음파를 들려주는 상태에서 음파 진동을 진동수 별로 인가하고 보다 높은 수득률이 관찰되는 진동수를 대상으로 추가 실험을 실시하여 프리모관의 수득률을 비교하였다. 7~14 Hz의 음파진동을 인가한 경우, 음파진동을 인가하지 않았을 때와 비교하여 2배 향상한 90% 발견 확률을 보였다. 이로써 7~14 Hz 음파진동자극은 토끼의 복부 림프관내 프리모관의 수득률을 증가시키는데 좋은 방법이 될 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

This research was supported by the National Research Foundation of Korea(2011-0007552) and Sangji University Research Fund, 2012.

References

1. Soh KS. Bonghan circulatory system as an extension of acupuncture meridians. J Acupunct Meridian Stud. 2009 ; 2(2) : 93-106.
2. Kim BH. On the kyungrak system. J Acad Med Sci DPR Korea. 1963 ; 90 : 1-35 [in Korean].

3. Kim BH. Study on the reality of acupuncture meridian. *J Acupunct Meridian Stud.* 2012; 5(5) : 248-55.
4. Kim BH. Study on the reality of acupuncture meridians. *J Jo Sun Med.* 1962 ; 9 : 5-13 [in Korean].
5. Jeltsch M, Kaipainen A, Joukov V, Meng X, Lakso M, Rauvala H, et al. Hyperplasia of lymphatic vessels in VEGF-C transgenic mice. *Science.* 1997 ; 276 : 1423-5.
6. Kato S, Shimoda H, Ji RC, Miura M. Lymph angiogenesis and expression of specific molecules as lymphatic endothelial cell markers. *Anat Sci Int.* 2006 ; 81(2) : 71-83.
7. Sung B, Kim MS, Lee BC, Yoo JS, Lee SH, Kim YJ, et al. Measurement of flow speed in the channels of novel threadlike structures on the surfaces of mammalian organs. *Naturwissenschaften.* 2008 ; 95(2) : 117-24.
8. Yoo JS, Kim HB, Won N, Bang J, Kim S, Ahn S, et al. Evidence for an additional metastatic route: in vivo imaging of cancer cells in the primo-vascular system around tumors and organs. *Mole Imag Bio.* 2011 ; 13(3) : 471-80.
9. Kim BH. Sanal theory. *J Jo Sun Med.* 1965 ; 108 : 39-62 [in Korean].
10. Cai DJ, Chen J, Zhuang Y, Liu ML, Liang FR. Review and comment on the relationship between primo vascular system and meridians. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2013 ; Article ID 279176 : 1-7.
11. Soh KS. Bonghan duct and acupuncture meridian as optical channel of biophoton. *J Kor Phys Soc.* 2004 ; 45(5) : 1196-8.
12. Soh KS, Kang KA, Harrison DK. (Eds.). *The primo vascular system-its role in cancer and regeneration.* 1st ed. New York : Springer Press. 2012 : 1-338.
13. Lee BC, Soh KS. Contrast-enhancing optical method to observe a Bonghan duct floating inside a lymph vessel of a rabbit. *Lymphology.* 2008 ; 41(4) : 178-85.
14. Sataloff RT. The human voice. *Sci Amer.* 1992 ; 12 : 108-5.
15. Jung SJ, Cho SY, Bae KH, Hwang SH, Lee BC, Kim S, et al. Protocol for the observation of the primo vascular system in the lymph vessels of rabbits. *J Acupunct Meridian Stud* 2012 ; 5(5) : 234-40.
16. Noh YI, Rho M, Yoo YM, Jung SJ, Lee SS. Isolation and morphological features of primo vessels in rabbit lymph vessels. *J Acupunct Meridian Stud.* 2012 ; 5(5) : 201-5.
17. Herschman A. Animal locomotion as evidence for the universal constancy of muscle tension. *Am J Phys.* 1974 ; 42(9) : 778-9.
18. Issurin VB, Liebermann DG, Tenenbaum G. Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J Spor Sci.* 1994 ; 12 : 561-6.
19. Lim YT. The Study on whole body vibration as a new exercise training prescription method. *J. Kor. Coaching Development.* 2005 ; 7(4) : 105-16 [in Korean].
20. Shin HS, Soh KS. Electrical method to detect a Bonghan duct inside blood vessels. *Sae Mulli.* 2002 ; 45(6) : 376-8 [in Korean].
21. Johng HM, Joh JH, Shin HS, Soh KS, Koo TH, Choi SY, Koo HS, Park MS. Frequency dependence of the electric-impedance of acupoint gok-taek (PC3, Pericardium meridian). *Sae Mulli.* 2001 ; 42(2) : 103-7 [in Korean].
22. Wang X, Shi H, Shang H, Su Y, Xin J, He W, Jing X, Zhu B. Are primo vessels(PVs) on the surface of gastrointestinal involved in regulation of gastric motility induced by stimulating acupoints ST36 or CV12? *Evid Based Complement Alternat Med.* 2012 ; Article ID 787683 : 1-8.
23. Cho. SJ, Lee SH, Zhang W, Lee SB, Choi KH, Choi SM, Ryu YH. Mathematical distinction in action potential between primo-vessels and smooth muscle. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2012 ; Article ID 269397 : 1-6.