

경락순행통로 학설의 객관화를 위한 물리자극과 반사파의 스펙트럼 분석

이 후 학, 정 동 명
원광대학교 생체공학연구소

A Spectrum Analysis of Reflection wave on Physical stimulus for the Objectification of Meridian Pathway & Channel Theory

H. H. Lee, D. M. Jeong
Institute of Biomedical Eng. Research, Wonkwang Univ.
E-mail : dmz@wonnms.wonkwang.ac.kr

ABSTRACT

The essence of meridian collateral and acupoints is an overall physiologic function with the level of multiple functional states. However it is a pity that until present, so in this paper described about some experimental results of physical reactions of meridian and acupoints.

In order to verify meridian pathway and channel theory of energy in body. It is suppose that substance of meridian is pathway channel of the meridian materials. In basic examination, It was analyzed spectrum of reflection waves after beat or continuous vibrate to meridian point and non-meridian point, meridian line and non-meridian line.

The characteristics of reflection waves similar to flow channel in hydrodynamic. So it be able to suggest that the meridian is pathway and channel in body.

I. 서 론

현대 산업사회 안에서 그 발생 빈도와 형태가 더욱 다양해지고 있는 각종 질환과 교통사고에 의한 마비환자나 성인병, 만성질환 신경성 질환 등에 대하여 현대 의학은 완벽한 치료법을 제시하지 못하고 있으며 또한 한약과 침구를 중심으로 하는 한의학적 진단 및 치료 방식도 치료효과의 우수성을 인정받고 있음에도 불구하고 그 적용에 제한을 받고 있는 것이 또한 근래의 한·양방 의료계의 현실이다.

이는 한의학적 치료법의 주된 대상인 경락과 경혈의 작용기전과 실체가 아직 명백하게 규명되지 않은 단계에서 경혈진단과 치료의 임상적 방법들이 종래의 동양의학적 특성으로 인하여 현대의 의학에서 사용되는 X-Ray나 MRI, CT, PET와 같이 가시적이고 계량적인 객관화가 이루어지지 못한 것도 한가지 원인으로 볼 수 있다.

이와 같은 시대적 배경과 요구에 의해서 서양 및 현대의학의 입장에서는 현재의 한계를 극복할 새로운 돌파구로써 동양의학을 주목하고 있으며 중국의 입장에서

는 동양의학이 중의학(中醫學)으로 대표되고 경혈의 명칭까지도 중국식 발음으로 통용되고 있는 현재의 자존심을 지키려고 하는 현실에서 경혈·경락의 실질규명과 객관화 연구는 중의학에 앞서 한의학(韓醫學)으로써 우리 것을 지키고 선진 의료기술을 확보하기 위한 필요성이 있다.

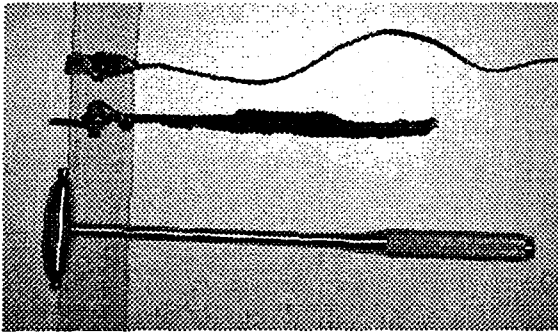
이러한 연구배경에 의해서 각국의 경락관련 연구자들은 경락경혈의 실질과 작용기전 연구를 위하여 ①현대물리학(Advances in Physics) ②전기자기학(Electromagnetism), ③양자역학(Quantum Mechanics) ④생체에너지적인 방법(Bioenergetic methods) 등의 첨단기술을 동원하여 생물물리학적 분석방법^[1]과 전기생리학적 분석방법^[2], 가시경락현상의 수집과 분석^[3], 방사선 동위원소 추적^[4], 경혈자극과 온도유발에 의한 동은분포 처리^[5], 경혈의 발광자극과 가시화 연구^[6] 등을 통하여 경락작용의 실제 규명을 시도하고 있다.

본 연구소에서도 학제간 공동연구를 통하여 몇 가지 기초실험을 실시하였으며 본 연구에서는 경락의 인체 에너지 순행통로학설을 검증하기 위하여 해부학적 관찰방법^[7]과 함께 에너지의 이동 즉 경락물질의 이동통로로써의 경락의 실체를 가정하고 경락을 액체가 흐르는 관로로 보아서 기계적인 진동자극을 주면서 관로의 다른 부위 즉, 해당 혈위를 포함하는 경락선상의 피부 표면에서 센서를 이용하여 그 진동파에 대한 반사신호를 검출하는 유체역학적 구조해석을 시도하였으며 반사파의 특성을 스펙트럼 상에서 분석 검토하였다.

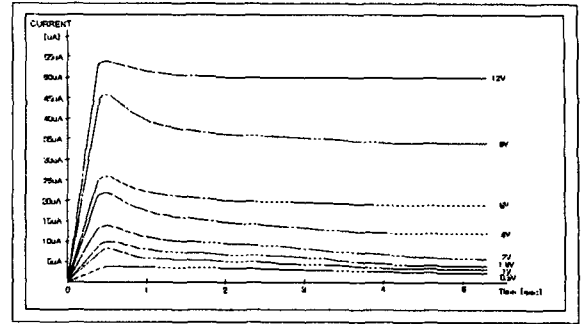
II. 실험장치의 구성

경락은 인체 에너지대사의 기능작용일 뿐만 아니라 구조적으로 작용물질의 순행통로로서 실체가 있어야 하고 이러한 학설의 객관화를 위하여 경락을 유체(流體)가 흐르는 관로(管路)로 보고, 일정 혈위에 진동센서를 부착한 다음 관로의 다른 부위 즉 해당 혈위를 포함하는 경락선상의 피부표면에 기계적인 타격과 진동자극을 주면서 그 진동파에 대한 반사신호를 검출하는 방법으로 관로로서의 유체역학적 구조를 해석하기 위하여 실험장치를 구성하였다.

실험장치는 기계자극 도구와 계측장치로 구성되어 있으며 경락과 혈위에 타격을 가하기 위한 그림1과 같은 모양의 외과 진단용의 소형 해머와 진동 에너지를



[그림 1] 타격용 해머, 진동센서와 진동전극



[그림 2] 자극전압에 따른 부하특성의 변화

주기 위한 진동모터가 부착된 금속전극(DM96V-1), 반사파를 감지하기 위한 진동센서(DM96S-1), 음향신호 출력용 스피커가 부착된 증폭기 그리고 센서로부터 반사신호를 검출하고 저장하기 위한 PHILIPS PM97 SCOPEMETER를 사용하였으며 여기에 저장된 신호 데이터를 광통신 방식으로 컴퓨터에 전송하여 분석하기 위한 OPTICAL INTERFACER PM9080과 수집된 데이터를 신호처리하기 위한 컴퓨터 등으로 구성되었다.

또한 정확한 혈위를 결정하여 센서를 부착하고 물리적으로 자극한 후에 객관성이 있는 결과를 얻기 위해서는 별도의 혈위식별 과정이 필요하였으며 혈위식별 시에 생체에 주는 영향력을 최소로 하여 혈위결정 후에도 진단요소의 변화를 가능한 억제시킬 뿐만 아니라 피측정자의 피부상태나 습도, 전극압력 등에 대한 가변적인 요소를 최소한으로 하는 성능이 요구되었다^[8].

III. 경혈의 물리적 특성과 혈위식별

혈위 식별의 목적은 정확한 경혈 반응점을 안내하여 객관적이고 신뢰성 있는 실험결과를 얻게 하거나 의료기기로서는 효과적 진단과 치료가 되도록 하는데 목적이 있으며 진단이란 환자의 신체상태 즉, 건강상태나 질환유무 등을 판별하는 것이다. 이것은 정확한 혈위에서 가능한 것이고 또 진단의 신뢰성도 좌우된다고 볼 수 있다.

또한 혈위식별 과정에서 환자 본래의 상태에 영향을 주는 것은 바람직하지 못하다. 아직 이와 같은 영향에 대한 계량적인 분석이 없는 상태이지만 가능한 혈위식별 뿐만 아니라 치료조치 이전의 진단과정에서는 환자의 상태에 영향을 주지 않는 것이 이상적이라고 할 수 있다.

따라서 본 식별시스템의 자극에너지 즉, 전압과 전류를 혈위식별이 가능한 최소한의 전압과 전류로 하기 위한 최적 파라미터 추출 실험을 실시하였다.

실험방법은 수양명대장경(手陽明大腸經)의 LI1(商陽)에서 LI3(三間)까지의 혈위에 0.5~12V의 가변전압을 걸고 그 전류치를 측정하였으며 최대전류는 50 μ A 이하로 제한하였다. 전극은 자체 제작하여 누름 압력을 100~600g중으로 조정 가능한 전극을 이용하여 0.2sec 이내에 100g중에서 600g중으로 증가시키는 방법으로 측정하였다.

실험결과는 그림2에 도시한 것과 같이 낮은 전압에서는 시간과 함께 전류의 감쇄가 심하고 3.6V 이상에

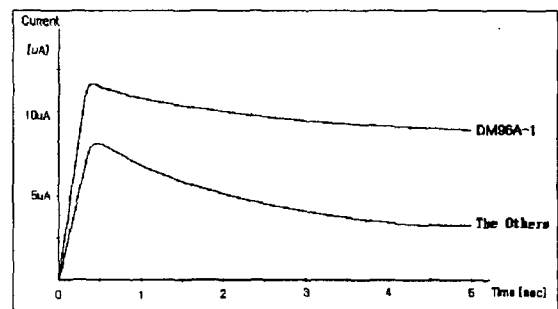
서 6V까지는 감쇄율이 완화되었으며 12V 이상에서는 감쇄현상이 현저하게 둔화되었다. 공급전류를 펄스형태로 전환하면 이와 같은 현상이 더욱 현저해진다.

이는 생체와 경혈의 전기생리 및 전기 화학적 특성으로 인체조직이 기본적으로 세포의 유기적인 결합으로 이루어져 있음을 고려할 때 세포막 전위의 분극에 의한 역기전력 발생이나 세포막 전위의 평형을 방해하는 외부자극에 대한 인체 면역기능의 발현으로 해석할 수 있다. 또한 인체의 전기자극시 공급되는 전류도 피부 저항의 크기에 반비례하나 전압의 경우는 물 분자중 수소원자가 1.36V에서 이온화가 시작되어서^[9] 그 이상의 전압은 인체에 생리적 손상을 초래하게 되므로 공급전류를 펄스형태로 하여 자극시간을 감소시킨다해도 금지해야될 중요한 요건으로 생각된다.

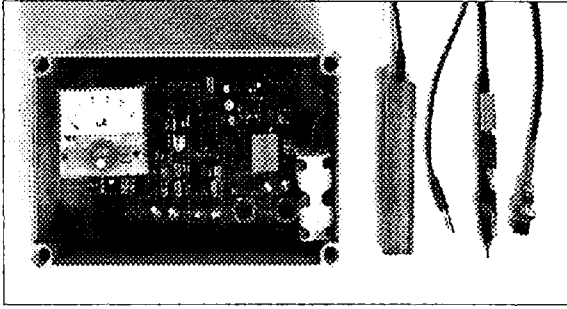
따라서 이러한 감쇄현상을 억제시키기 위하여 혈위식별기의 자극 전압과 전류를 최소로 하되 인입 전하량과 동일한 전하량을 즉시 인출하는 방법을 고안하여, 1.28V의 정전압 직류를 이용하지만 이를 직접 경혈에 공급하지 않고 다시 일정한 주파수로 교호되는 방식으로 설계하여 그 타당성 확인을 위하여 H/W를 구성하고 2차 실험을 실시하였다^[10].

실험 결과는 그림3에 도시한 것과 같이 종래의 회로 방식에서 혈위측정시에 부하특성으로 나타났던 시간적 감쇄현상이 현저하게 감소된 것을 알 수 있고, 전류가 감소되지 않는다는 것은 인체가 저항하지 않거나 저항을 위한 임계치에 도달하지 못한 것으로 볼 수 있다.

따라서 인체상태가 혈위측정시에 영향을 받지 않는 것으로 유추할 수 있으며 결과적으로 혈위식별시에 피부표면의 접촉저항을 감소시키고 감도가 증가되는 효과가 발생하여 낮은 측정압력으로도 연속 측정이 가능하도록 성능을 개선시켜 혈위식별에 사용하였다.



[그림 3] 식별시스템의 부하특성 비교



[그림 4] DM96A-1과 개선된 전극(DM96E-1)

IV. 실험 방법

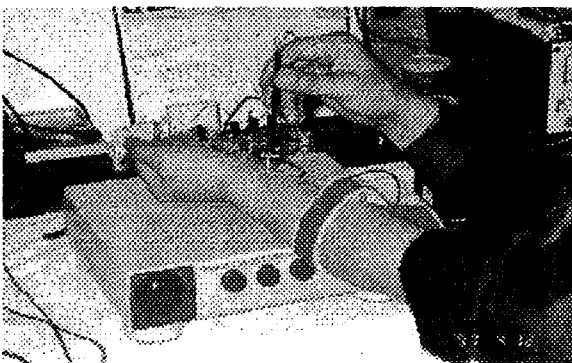
실험방법은 먼저 그림4와 같이 임상용으로 제작된 혈위식별장치와 탐촉전극을 이용하여 수월음심포경(手厥陰心包經)상에서 PC3(曲澤), PC4(郄門), PC5(間使), PC6(內關)의 혈위와 경락선을 결정한 후에 PC4 극문혈에 진동센서를 밴드형 고정구로 부착하였다.

다음은 혈위를 찾는 금속전극에 편심축이 달린 3600 rpm의 진동모터를 설치하여 전극으로 피부에 하중을 가할 때 기계적인 진동 에너지가 함께 전달되도록 고안한 진동전극을 이용하여 그림5와 같이 경혈과 비경혈, 진동센서와 같은 거리의 동심원 부위를 300~400g의 하중을 가하면서 그 반사파를 측정하였다.

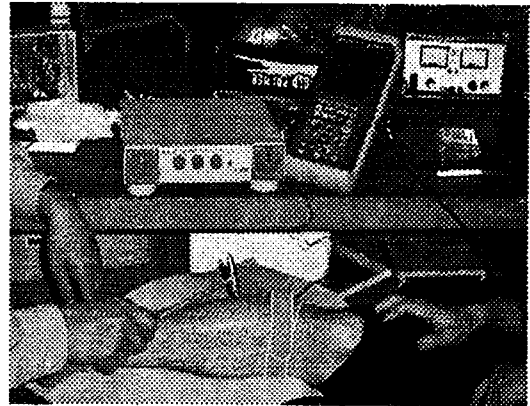
또한 해당 경락상의 경혈타격과 비경혈의 차이 그리고 경락이 아닌 부위의 타격에 따른 반응을 관찰하기 위하여 위쪽으로는 PC3 곡택혈과 아래쪽으로는 PC5 간사혈, PC6 내관혈과 함께 비경혈 부위를 자극하였다.

이때 Roland CS-30 사운드부스터 출력으로 반사음의 차이를 확인하면서 증폭된 음향신호를 스크로프메터로 측정 및 저장하고 주기적으로 수집된 반사신호를 컴퓨터에 저장하였다.

여기서 진동모터는 모터에 공급하는 전류에 의해서 생체가 받는 영향을 고려하여 1.5V의 저전압 소전류형을 채택하였고, 모터는 황동재질의 금속전극의 하단부에 고정하여 전극이 모터의 고정 지지대가 되도록 설계하여 진동과 타격의 자극뿐만 아니라 전극으로써의 기능도 할 수 있도록 설계하여 자극과 동시에 정확한 혈위와 비혈위, 경락과 비경락의 위치를 비교 확인하면서 측정 작업을 용이하게 하였다.



[그림 5] 경락의 진동자극과 음파검출



[그림 6] 경락의 타격과 음파검출

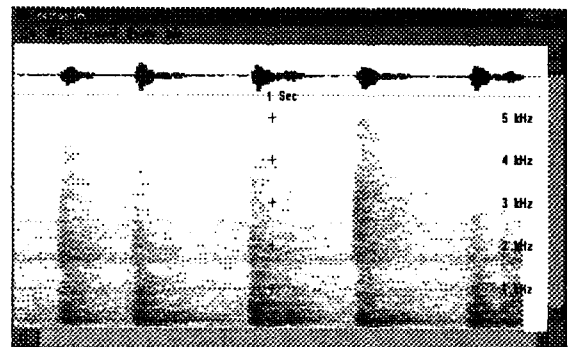
또 다른 실험은 그림6과 같이 진동센서를 족양명위경(足陽明胃經)상의 S36(足三里)에 진동센서를 고정하고 S37(上巨虛), S38(條口), S39(下巨虛)에서 S41(解溪)까지 진단용 소형 해머를 이용하여 경락의 내측 2cm되는 곳부터 시작하여 약 300g중의 하중으로 2~3mm간격으로 타격을 주면서 경락선을 지나 맞은편 2cm되는 곳까지 연속적으로 측정하였다.

이와 같은 실험은 생체조직에 진동 에너지를 주고 그 반사파의 세기와 감쇄정도, 주파수 편이를 측정하여 화상 데이터로 출력하는 초음파 진단기의 원리와 유사하며, 타격과 진동 에너지에 대한 반사파의 세기와 파형을 1차원적으로 측정하는 원리이다. 따라서 근육의 기관조직에 관상의 다른 조직이 있을 때 그 진동 에너지의 반사파가 다르게 나타나는 비관혈적인 유체 탐상법과 동일한 측정법으로 볼 수 있다.

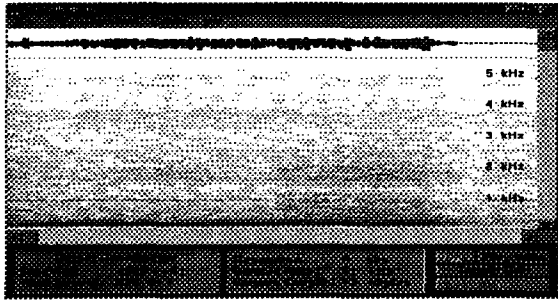
V. 결과 고찰

먼저 경혈과 비경혈, 경락과 비경락을 타격하거나 연속진동을 가한 실험에서 그 반사파는 현저한 반사강도와 파형의 차이를 보여주고 있으며 초음파와 같이 생체조직의 단순한 흡수진동 여부를 판단하기 위하여 계측혈위를 중심으로 동심원상의 같은 거리에서도 고찰하였다.

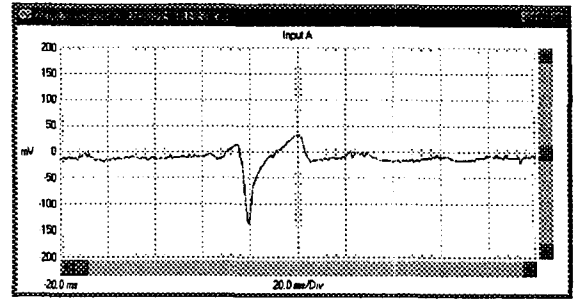
경락 상에서 센서와의 거리에 따라 반사강도가 감소되기는 하나 비경락부위와 경락부위의 강도차이는 2배 이상으로 분명하였다.



[그림 7] 경락 혈위 타격파의 스펙트럼분석



[그림 8] 경락 혈위 진동파의 스펙트럼분석



[그림 9] 경혈 타격과 경혈 반사파형

경혈에서의 반사강도는 더욱 증가되었으며 진동진극을 중심으로 하여 진동센서 반대측 경락상의 40~50mm의 점을 손가락으로 압력을 주어서 차단시키면 반사강도는 약 1.5배로 증가하였다.

이와 같은 현상은 에너지의 유체전달 구조에서 관로의 한쪽이 막히면 그 진행과가 차단지점에서 반사되어 되돌아오고 반대방향의 신호와 합성됨으로써 세기가 증가되거나 중첩되어 위상이 천이하거나 크기가 변화되는 유체의 관로구조 해석과 동일한 결과여서 고전경락 이론에서 경락의 순행통로 확설을 뒷받침하는 또 다른 결과로 해석할 수 있는 충분한 유의성과 재현성을 보이고 있다.

그 반사파형은 불규칙 펄스형태이고 스펙트럼 분석 결과는 그림7, 8과 같이 타격의 경우나 진동자극의 경우 모두 60~3800Hz의 주파수 영역을 갖는다.

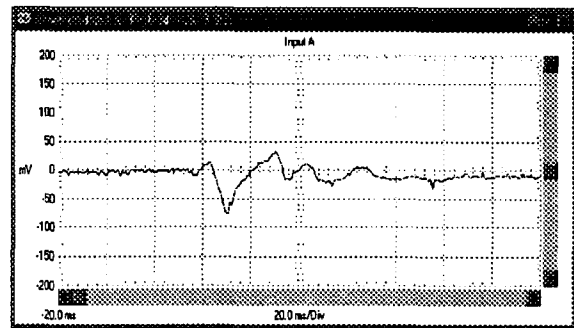
최고에너지 밀도는 60Hz가 가장 높으나 이는 진동모터에 의한 직접반사 에너지로 보이며 1차 반사파는 1790~1830Hz, 2차 반사파는 239~279Hz에 집중되어 있는 두 개의 중심주파수 영역을 갖는 분포이다.

진동파의 전달속도는 5~10%로 관찰되며 이는 인체 조직에서 음파 전달속도인 1575~1585%^[11]보다 느린 속도이다.

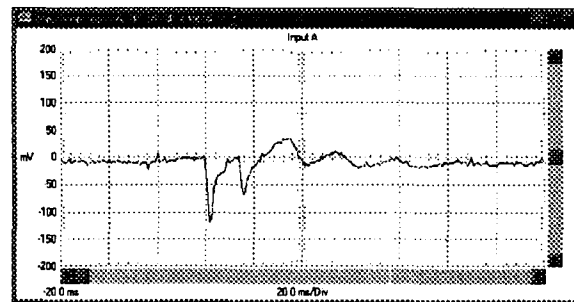
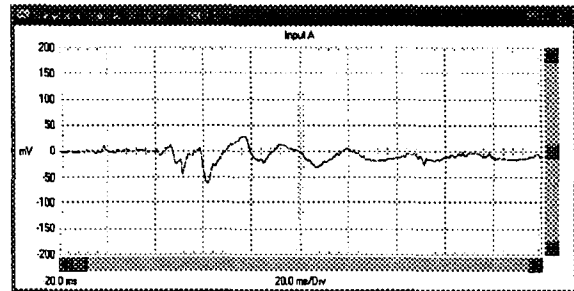
반사파 에너지의 스펙트럼 분석에 이어서 반사파의 파형특성에 대해서도 고찰하였으며 특히 동일 경락상의 경혈과 비경혈 부위 타격에서 경혈부위는 그림9와 같이 센서와의 거리에 따라 크기의 차는 있으나 일정한 네거티브 피크를 갖는 V형 파형의 반사패턴을 일관성 있게 유지하였으며 비경혈 부위는 그림10에서와 같이 네거티브 피크의 최대반사 다음에 포지티브 피크가 나타나는 특징은 경혈의 특성과 동일하나 강도의 감쇄와 1차 피크의 형태가 다소 완만하고 주반사가 나타난 후에 약간의 잔향반사를 갖는 특성을 나타내고 있다.

또한 경락 인접부위와 경락이 아닌 일반 근육인 경우에는 그림11과 같이 경락과 비경락에 따라 반사강도의 크기가 있고, 반드시 W형으로 포지티브와 네거티브 피크를 갖는 4개 이상의 2차 반사 특성을 나타내며 잔향을 길게 유지하는 특성을 보여주고 있다.

특히 비경혈과 비경락 부위에서는 전체적으로 반사강도가 감소되고 있으나, 진동센서와 동심원상의 거리에서 반사음이 있는 경우나 경락선 이외의 부위에서 반사음의 크기가 경락선상에서의 경우와 유사한 경우가 있었으며, 이러한 사례는 본 실험의 가정조건으로 하고 있는 관로구조의 특성에 위배되고 있어서 이에 대한 반사파형을 상세하게 분석 검토하였다.



[그림 10] 동일경락 비경혈의 반사파형



[그림 11] 비경락 부위의 반사파형

(a: 비경락부 b:상구허 주위의 비경락부)

이러한 파형을 비교해 본 결과는 그림11(a,b)에서 동일한 스케일로 도시한 파형과 같이 측정자의 청각으로 느끼는 소리의 크기, 즉 음압레벨의 변화는 경락상의 반사강도와 큰 차이는 없으나 파형의 특성에서 반드시 1, 2차의 네거티브 피크를 갖는 위상특성을 나타내고 있다.

이는 관로로 가정한 해당 경락선의 에너지 흡수와 반사특성으로 해석되며 비경혈은 일반 근육과 혈관 등의 관로반사와 복합된 탄성반사 특성을 나타낸 것으로 보인다. 이러한 특성은 경혈과 개인차에 관계없이 유의성($P=0.01$)을 나타내었다.

이와 같은 원인은 추가 연구를 진행하여야 할 이유 중의 하나이며 이와 같이 에너지의 전달통로일 뿐 실체는 없고 작용만 하는 것으로 파악되고 있는 경락에서 마치 액체가 담겨있는 유동성의 관로와 같은 유체역학적 구조와 동일한 반응을 보여주고 있어서 해부학적 검토 또는 경락과 경혈의 구조적 실체를 다시 분석하는 체계적이고 종합적인 연구가 뒤따라야 할 것으로 생각된다.

이러한 결과는 단지 타격에 의한 경락선상의 반사에 강도 차이가 있다는 중국과학원 주종상(祝應驥)교수의 연구발표^[12]와 일치하는 일부분이 있지만 실험방법의 차이와 경락의 기계자극에 대한 반사파의 해석이나 음파신호를 전도하는 메카니즘에 대해서는 진전된 실험 결과이다.

그러나 다른 실험에서 유관되는 외주신경과 혈관을 절단하고 구슬모양(环形)으로 근육이하의 연조직을 전부 절단하였을 경우에는 절단부에서 멀리 떨어진 부위에서 반사파가 소실되었다고 보고하고 있어서^[13], 확인 실험을 계획하고 있으며, 이는 심부조직이나 거대세포 간의 간극이 기계적인 자극에너지에 대한 전도기전의 원인으로 작용하고 있는 것으로 생각된다.

VI. 결 론

경혈 경락의 기능과 작용을 근거로 일부 의료기기가 양방에서도 실용되고 있고, 이에 대한 임상 논문이 발표되고 있음에도 불구하고 그 실체가 객관적, 가시적, 구조적으로 아직 선명하게 규명되어 있지 않다는 이유로 우수한 시설과 연구능력을 보유하고 있으면서도 공동연구에 참여하지 않으며, 오히려 해부학적인 근거의 제시와 함께 경락의 존재를 부정하거나 극히 제한된 영역에서 반응하는 인간의 감각능력으로 인지되지 않는 사실에 대하여는 비과학으로 간주하는 많은 연구자들을 위하여, 그리고 한의학의 객관화를 위하여 경락에 대한 형태학적인 객관화 방법중의 하나로 물리적 타격과 외부 진동자극에 대한 경락의 음파전달과 반사 현상을 관찰하고 센서와 약간의 거리가 떨어져 있는 경락과 경혈부위에서 음파신호를 검출하는 방법으로 경락의 실체가 구조적으로 실재한다는 순행통로학설을 재검토하였다.

실험에서 경락을 진동시키거나 타격하는 경우 거리에 따른 감쇄현상은 있지만 경락이 아닌 부위와는 확실하게 구별되는 큰 반사에너지가 검출되었으며 경혈을 타격하는 경우에는 거리가 30cm 정도의 거리에서도 반사파가 감지되는 반면에 비경혈 경락점에서는 그 신호가 미약하거나 검출되지 않는 것으로 보아 경락의 구조적 실체가 존재함을 유추할 수 있었다.

또한 반사강도 뿐만 아니라 파형의 특성을 분석해 보면 동일 경락 상에서 경혈과 비경혈 사이, 그리고 경락과 비경락 부위의 반사파형이 분명하게 구별되는 특징과 재현성을 나타내고 있어서 인체조직내 관로로서의 형태 구조로 유추할 수 있는 객관적이고 의미있

는 반응을 보여주고 있다.

특히 경락과 동일한 크기의 음향반사가 있는 부위에서도 음향강도의 크기는 유사하나 반사파형을 분석해 보면 경락과 비경락간에 일관성있는 파형의 특징을 나타내고 있어서, 유체가 있는 관로로써의 경락의 흡수 반사 특성과 비경락의 일반 근육에 의한 탄성반사로 해석할 수 있는 관로 형태를 가진 경락의 에너지 순행통로 학설을 뒷받침하는 유의성이 있는 결과로 생각된다.

따라서 주로 인체 에너지의 균형과 경락, 경혈 작용 이론을 근거로 이루어지는 한방치료가 현대의학의 외과적, 약물 투입 위주의 치료방법에 비하여 장기치료에 따른 부작용이 적고 약효의 지속력이 우수한 점 등의 장점을 유지하면서 생체공학을 응용한 진단 및 치료 결과의 객관적 제시와 계량화를 통하여 현대 과학의 특성과 접목시킴으로써 한의학적인 진단과 치료 방법에 있어서 부족한 객관화된 지표나 의료기술을 확보하기 위한 연구 노력과 필요성을 다시 확인하고 있다.

참 고 문 헌

1. Zhu Zong Xiang, et al. "Study in the Morphological Basis of Physiological and Biophysical Characteristics of Acupuncture Meridian.(Review), 1989.
2. Julia J. Tsuei, "The Science of Acupuncture Theory and Practice", IEEE Eng. in Medicine and Biology, Vol.15, No.3, p.52-53, 1996.
3. 黃家駟等, 針灸針麻研究, 科學出版社, 1986, 5.
4. 田嘉禾等, "⁹⁹mTcO₄-穴位注射后遷移軌迹與淋巴, 神經及血管關係的觀察", 針刺研究, 增刊, 第4號, p70, 1989.
5. 李志超, "等溫經絡線的實驗驗證", 針刺研究, Vol.21, No.1, p76, 1996.
6. 林先哲等, "人體經絡穴位的電發光研究", 大自然探索, 9卷, 31期, 1990.
7. 정동명 등, "경혈반응점의 형태학적 관찰과 객관화에 관한 연구" 대한의용생체공학회, 학술대회 논문집, Vol.19, No.1, p309-312, 1997.
8. 정동명, 김경식 외, "질환별 자침을 위한 경혈 반응점의 시각화 시스템 개발", 통상산업부 중간보고서, 1997.
9. Kuo-Gen Chen, "Electrical Properties of Meridians", IEEE Eng. in Medicine and Biology, Vol.15, No.3, p.60, 1996.
10. 정동명 외, "경락/진단치료기의 성능 개선을 위한 혈위식별기 DM96A-1의 개발" 대한전자공학회, 학술대회논문집, Vol.20, p429-432. 1997.
11. 陳謨訓等, "經絡感傳的聲發射實驗研究", 遼寧中醫雜誌, Vol. 1, p35, 1984.
12. 祝應驥, "大腸經陰性感傳線特導叩診音的研究" 針刺研究, Vol. 7, No.4, p299, 1982.
13. 王品山等, "經絡感傳的聲發射-用聲發射技術發現了經絡感傳信息", 遼寧中醫雜誌, 9卷, p1, 1980.
14. Reinhold Voll, "Topographic Positions of the Measurement Points in Electro-Acupuncture", Vol. I-III, Medizinisch Literarische Verlagsgesellschaft mbH. Uelzen, 1977.