

적외선, 생물광자 및 GDV 측정의 한의학적 비교 소개

이승호¹ · 이혜정^{1,2}

¹경희대학교 침구경락과학연구소(AMSRC), ²경희대학교 한의과대학 경혈학교실

Comparative Introduction of IR, Biophoton, and GDV on the Application of Korean Medicine Based on Their Recent Progress

Seung-Ho Yi¹, Hye-Jung Lee^{1,2}

¹Acupuncture and Meridian Science Research Center(AMSRC), Kyung Hee University
²Dept. of Meridian and Acupuncture, College of Korean Medicine, Kyung Hee University

Abstract

Objectives : The purpose of this study is to introduce and examine the possibilities of infrared (IR) imaging, biophoton detection and gas discharge visualization(GDV) as diagnostic tools in Korean Medicine.

Methods : To review the basic mechanism and measurement methods of three modalities, concepts in physics were introduced. Physical backgrounds of IR, biophoton and GDV were briefly explained based on recent research papers. Simple electronics was employed for relevant detectors. In order to find the relation between Korean Medicine and these methods, papers on their applications were reviewed. Opinions from the experts on each modality were obtained from their papers and private communications.

Results and Conclusions : IR imaging has been used as an auxiliary diagnostic tool but there are some rooms for the improvement for clinical applications. Experimental confirmation of the meridian activation by a moxa cigar is necessary for its verification. Biophoton is not correlated with human skin temperature but it has a circadian rhythm. Biophoton and GDV have a negligible relation if any. Therefore there are no correlations among three modalities in terms of basic mechanisms. But their clinical relations are yet to be scrutinized. Biophoton and GDV need more rigorous clinical tests before they can be used as diagnostic tools.

Key words : IR, biophoton, GDV, comparative introduction, Korean Medicine

1. 緒 論

치료를 위한 정확한 병인(病因) 진단의 중요성은 모든 의학 분야에서 절대적으로 인정받고 있다. 특히 한의학에서 외형적으로

동일한 증상에 나타내는 병증에 대해 다양한 병인을 고려하기 때문에 그 중요성은 더욱 심각하게 고려된다. 병인진단을 위해 다양한 방법이 사용되지만 기본적으로 한의학에서 사진(四診)을 사용하며, 이 중 하나인 망진(望診)은 환자의 형색을 관찰하는 방법으로 특별한 장치를 요하지 않은 매우 중요한 진단 방법이다¹⁾. 이 과정을 현대적으로 해석하면 전자기파 중에 가시광선을 사용하

· 교신저자: 이승호, 서울시 동대문구 회기동 1번지
경희대학교 침구경락과학연구소(AMSRC),
Tel. 02-961-0377, Fax. 02-963-2175,
E-mail: shyi@khu.ac.kr

· 이 논문은 2008년도 경희대학교 신진교수과제의 지원에 의하여 연구되었음.(2008-0547)

· 투고 : 2010/05/14 심사 : 2010/06/14 채택 : 2010/06/14

는 진단법으로 환자 신체에 가시광선을 조사하여 반사되어 나오는 가시광선을 검출기인 치료자의 시각기관이 감지하고 그 치료자의 뇌에 의해 형상화되고 분석되어 진단이 내려지는 방법이다. 인간의 시각은 파장대가 380 nm - 760 nm 정도인 전자기파를 감지할 수 있기 때문에 이 파장대를 가시광선(visible)라고 부른다²⁾. 이와 유사한 방법으로는 파장대가 수 nm 인 X 선을 주사하고 그 반사 투과 정도의 차를 영상화하여 신체내부 상황을 파악하여 진단하는 X 선 진단 방법이 있다³⁾. 망진과 큰 차이점 중의 하나는 인간의 육안으로 감지할 수 없는 파장영역인 X 선을 사용하기 때문에 X 선 측정기가 필요하며, 그 측정결과를 육안으로 확인할 수 있는 영상적 형태를 구현하기 위해 측정기와 영상 분석 장치가 필요하다는 점이다. MRI 과 PET도 이와 유사한 진단 범주에 든다.

외부에서 인가된 전자기파를 이용한 X 선 진단과는 달리 인체 자체에서 나오는 전자기파를 이용하는 진단 방법이 있는데 이 중 대표적인 진단장치는 인체에서 자연 방사되는 적외선을 감지하고 그 분포를 시각화하는 적외선 체열장치가 (DITI) 있는데 이에 관한 자세한 설명은 다른 논문에서 아주 잘 기술되어 있다⁴⁾. 적외선은 전자기파의 일종으로 기본적으로 우주에 존재하는 생명체를 포함한 모든 사물이 외부 자극 없이 방출된다²⁾. 한편 생물은 적외선 뿐 만 아니라 자외선에서 가시광선에 이르는 파장대의 전자기파를 방사한다고 알려져 있으며 이와 관계된 전자기파를 생물광자(biophoton)라

부른다^{5,6)}. 생물광자는 그 세기가 육안으로 볼 수 없을 정도로 낮기 때문에 특별한 검출기가 필요하다. 한편 대상체에 전압을 인가하여 그 변화를 인간이 볼 수 있는 가시광선으로 나타나게 하는 진단기기도 있다. 생물광자와 마찬가지로 아직 실험단계에 있지만 기체방전영상(Gas Discharge Visualization, GDV)기기는 전기적 자극에 의해 발생하는 가시광선대의 전자기파를 검출하여 진단하는 장치이다⁷⁾.

본고는 위에서 언급한 적외선 영상, 생물광자, 그리고 GDV 측정기의 특징과 사용처, 작동원리, 그리고 사용상의 주의에 대해 비교 언급하였다. 또한 한의학적 응용가능성을 소개하고자 이 측정법의 한의학 적용을 주제로 다루는 최근 논문들을 참고로 하였다.

II. 本 論

서론에 언급한 적외선, 생물광자, GDV는 그 발생 기작과 측정 방법 그리고 적용 영역이 다르지만 공통적으로 얻어진 결과를 전체주의적으로 해석한다. 이는 한의학적 해석과도 매우 일치하며 실제 여러 가지 한의학적 개념을 차용하여 그 실험 결과를 해석하는 논문들이 발표되고 있다. 따라서 상기의 방법들이 한의학적 진단에 사용되고 있거나 한의학계에 이미 소개된 것은 자연스러운 현상이다. 그러나 전술한 대로 각 진단 개념 간에 혼동하기 쉬운 부분이 있는 것은 사실이며 이런 이유로 해서 각 진단방법의 고유 특성을 이용하지 못하는 여지가 있다.

이런 이유로 본론에서 간략하게 각 진단 방법의 기원과 측정 방법을 소개하고 그 것들이 한의학적 진단에 적용되는 예를 기 발표된 논문들을 바탕으로 기술하고자 한다. 그 중 적외선이나 생물광자에 관한 간단한 측정방법에 관한 내용은 여타 논문들을 참조할 수 있다. 그러나, 본 논문은 적외선 장치, 생물 광자 측정 장치, 그리고 GVD 장치를 망라하여 각 측정기기의 물리학적 원리와 동작기작, 특성, 사용법을 자세히 소개하고 비교 설명하였으며, 특히 위 3 가지 기기들을 연구 및 의료용으로 사용할 경우 환자를 안정시키고 측정하는 기술에 관하여, 저자의 '노하우'와 타 연구실방문과 학회를 통한 인적 교류를 통하여 축적된 '노하우'를 기술함으로써, 이 후 연구자들에게 언급한 기기 사용에 관하여 보다 정확한 지식을 전달하기 위하여 작성되었다.

1. 적외선

체표온도 변화와 병증간의 상관관계를 밝혀 진단지표로 사용하기 위한 많은 연구가 오래전부터 진행되어 왔다⁹⁾. 전체체표 熱相(thermogram)을 얻는 간단하면서도 일상적인 방법의 필요성이, 유방암 조직에 정상 조직에 비해 1 °C 정도 온도가 높다는 사실이 1950 년대에 대두되었다¹⁰⁾. 熱相을 얻는 방법 중 가장 각광을 받는 방법은 인체 복사를 측정하는 것이다¹¹⁾. 기술이 발달함에 따라 여기서 얻어진 신호를 최근 장비들은 컴퓨터를 이용해 디지털 신호처리 과정을 거치게 되는데 이런 연유로 Digital Infrared Thermal Imaging (DITI)이라고 부르기도

한다. 초기 유방암 진단에 적용된 이후로 그 유효성에 대해서 논란의 여지가 있지만, 1960대 이후 다양한 의료분야에서 열상촬영기는 진단 기기로 여겨지고 있다¹²⁾. 현재 적외선 촬영기는 임상적으로 많이 사용되고 잘 알려져 있으나 사용방법상 개선여지가 있다고 한다¹³⁾.

1) 적외선의 발생기작

어떤 물체를 구성하는 원자들은 그 물체의 온도에 상응하는 열에너지에 따라 항상 진동하며 이 진동에 의해 가속되는 전하들은 전자기파를 방출하는데 이것을 열적방사라 한다²⁾. 열적 방사에 의한 전자기파는 넓은 영역의 연속주파수 대역(영역)을 가지는데, 전자기파 대역 중 적외선 영역에 속한다. 온도를 가진 물체는 적외선을 방출하기 때문에, 반대로 그 방출되는 적외선 파장을 측정함으로써 물체의 온도를 알 수 있으며 이에 관계되는 법칙은 Wien의 법칙과 프랑크 복사 법칙이다²⁾. Wien의 법칙은 어떤 온도에 있는 물체에서 복사되는 전자기파의 최대치 파장을 알려주는 간단한 공식이다. 프랑크 복사 분포는 흑체복사를 설명하기 위해 고안되었는데, 온도가 높을수록 복사되는 적외선의 양이 증가하며 그 분포가 점점 파장이 짧은 쪽으로 이동됨을 설명한다. 인간 체온에 해당되는 온도는 대략 9 - 10 um 정도의 파장을 가지는 적외선을 방사하는데¹⁴⁾ 피부색, 표피구조, 피부청결도 등과 같은 표피조건과 주변상황에 따라 변한다^{4,13)}. 물리학에서 흑체는 프랑크 분포를 따라 100 % 복사하는 물체로, 실제 모든 물체는 이

보다 적은 정도의 복사율을 가지고 있다. 흑체와 비교한 복사율을 방사율이라 정의하는데 모든 물체는 이론적으로 1 보다 적은 방사율을 가지게 된다²⁾. 피부 방사율은 0.9 이상으로 매우 높으며 금속은 0.3 정도의 훨씬 낮은 값을 가진다. 따라서, 만약 피검자 금속걸이를 착용한 체 적외선 촬영할 경우 목걸이 부근의 온도가 정상보다 낮게 측정됨을 알 수 있다. 정확한 온도를 구하기 위해 측정 시 이 값을 보정할 수도 있다. 태양광 스펙트럼의 성분을 보면 적외선 이 54.3 %, 가시광선이 38.9 %, 그리고 자외선이 6.8 % 정도로 구성되어 있다¹⁵⁾. 이 중 적외선 카메라의 측정기에 검출되는 적외선 양이 상당히 많기 때문에 촬영시 외부광선 특히 태양광 차단은 필수적으로 행해져야 한다.

2) 적외선 검출 원리

프랑크 분포에 따르면 물체에서 방사되는 적외선은 그 온도에 따라 세기가 증가하며 특정 파장에서 입사되는 적외선의 상대적 세기에 따라 온도를 구별할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 단위 면적당 특정한 파장대만 검출할 수 있는 동일한 다수의 소자들을 사용할 경우 각각의 소자에서 검출된 적외선의 세기를 비교하여 전체 영상의 상대온도를 유추할 수 있다. 이 상대온도는 표준온도에 해당되는 적외선의 세기와 비교하여 그 차를 보정함으로써 일반적으로 사용하는 온도로 변환시킬 수 있다. 여기서 사용되는 동일 면적의 소자를 화소(pixel)라고 하며 이 화소들이 행과 열로 배치된 것을 어레이(array)라고 한다. 여기서 화소를 이루기에

적당한 물질은 적외선에 의해 광전자를 발생시키기 쉬운 것이어야 하는데, 검출하고자 하는 적외선의 파장에 따라 특정 물질들이 선택된다. 체온 측정용 적외선 사진기에는 인체 온도에 해당되는 9- 10 um에서 최대 감도를 가지는 InSb 나 HgCdTe 등과 같은 물질을 사용한다. 각각의 화소는 렌즈를 통해 입사된 적외선을 받아들인데 이 화소는 입사된 적외선의 세기에 비례하여 광전자를 방출하게 되며 이 전자를 전자회로를 통해 증폭하여 그 크기가 영상처리보드에 기록되는데 이 작업은 CCD와 동일하다. 온도로 변환하거나 영상화하는 작업은 소프트웨어와 컴퓨터를 통해 이루어지며 이해를 돕기 위해 각 회사별로 정해진 규칙에 따라 임의의 색깔(pseudo color)로 영상을 표시하기도 한다. 적외선 검출 원리를 살펴보았듯이 의학에 적용하는 적외선 촬영장치 중 가장 중요한 부분은 검출 영역과 정확도이다. CCD 사진기와 마찬가지로 적외선 검출 소자를 이루는 어레이의 크기 또는 화소수의 크기가 상을 정밀하게 표현하는 해상도를 결정한다. 측정 대상이 방사하는 적외선의 최고 방사율과 검출소자의 검출영역이 일치해야 한다. 적외선 촬영장치중 9 um 근방에서 최대 검출도를 가지게 되는 것을 생물용으로 사용하게 되는데 그 이유는 프랑크 함수의 최대치가 이 파장영역에 속하기 때문이다¹⁴⁾. 프랑크 복사 분포는 온도에 대해서 지수적으로 변하며 온도가 높을수록 매우 많은 에너지를 방출하기 때문에 적외선의 에너지를 정확하게 측정하기는 쉽지 않다. 또한 배경온도에 따라 피사체의 가장

자리 부분 온도 측정에 오차가 많이 발생한다. 가령 상온에서 인체의 온도를 측정코자 하는 경우, 화면상에서 측정실 벽과 인체부분이 접하는 부분의 온도는 벽에서 나오는 적외선을 받아 오차가 발생한다. 따라서 측정화면을 조정하여 가능한 한 측정하고자 하는 부위는 배경과 접하지 않도록 한다. 또한 표준 흑체를 사용하여 일상적으로 촬영장치를 교정하여야 한다. 적외선 검출 소자, 관련 전자공학, 영상처리 및 잡음 제거 기술이 최근 비약적으로 발달하고 있으며 현재는 대략 0.001K 정도의 변화도 감지할 수 있는 수준이 되었으므로¹⁴⁾, 이를 이용한 정밀한 진단법의 개발이 절실히 요구된다.

3) 적외선 촬영방법

적외선 촬영은 X선과 같이 외부 광원을 이용하여 측정하는 X 선 촬영등과 같은 방식이 아닌 피측정자의 몸에서 발생하는 적외선을 촬영하기 때문에 외부자극이 가해지지 않는다. 즉, 측정에 의해 피검자가 영향을 받지 않는 비침습적 촬영이므로 외부 자극에 따른 부작용이 존재하지 않는다. 따라서 외부자극에 민감한 임산부나 유아에게도 사용이 가능하며 특별한 제외기준은 없다. 그러나 촬영상 피검자에게 불편한 점은 몇 가지 있다. 촬영을 위해 체표 온도에 영향을 주는 의복은 제거되어야 하며, 외부 광원을 차단하므로 피검자에게 불편한 느낌을 줄 수 있다. 촬영실 및 피검자 준비에 필요한 모든 사항들은 외부적인 요인에 기인한 피검자의 표피온도 변화를 방지하는 것에 주안점을 둔다. 의복이나 목걸이 같은 부착물

들은 체표 온도에 영향을 주므로 검사 전 반드시 벗어야 한다. 적외선은 액체에 의해 흡수되므로 촬영전 피부에 물기를 제거하여야 한다. 촬영 부위를 촬영실(실내온도)과 일정하게 적응되도록 하여 적외선영상의 명도비와 온도차를 증가시킨다. 이 목적을 달성하기 위해 일반적으로 섭씨 21 도에서 대략 20 분간 적응시키며 또한 풍속이 높은 영역은 피해야 한다¹¹⁾. 촬영실은 체표 온도에 영향을 주는 요인을 배제하기 위한 다음의 여러 가지 기준에 의거하여 유지 관리되어야 한다. 촬영 시 시설기준 및 피검자주의 사항으로는 1995년의 논문⁴⁾을 시작으로 해서 DITI의 한방 임상 응용을 위한 표준화 연구나¹⁶⁾ DITI의 임상활용에 관한 연구에¹⁷⁾ 언급되어 있다.

(1) 측정시 준비 사항

- ① 온 습도 유지
- ② 외부 빛 차단 (특히 반사되는 적외선을 차단하는 것이 매우 중요함)
- ③ 피검자와 다른 열원 제외
- ④ 공기 흐름 최소화
- ⑤ 피검자 탈의에 기인한 사생활 보장
- ⑥ 적외선 촬영기기의 촬영 영역을 고려한 공간 확보 (2 m x 3 m 정도)

(2) 피검자 준비사항

피검자 또한 무의미한 체표 온도 변화 방지를 위한 촬영 전 다음의 규정을 따라야 한다.

- ① 피부의 적외선 방사율 변화를 야기하는 화장품이나 피부도포제를 제거.

- ② 혈류변화를 야기하는 인체를 조이는 물건이나 의복을 제거.
- ③ 혈류변화를 야기하는 담배나 알코올 음료는 섭취하지 않음.
- ④ 생리 중에는 체온 변화가 일어나므로 촬영을 금함.
- ⑤ 운동에 의한 온도변화 요소를 제거하고 심리적 안정을 유지하기 위해 실내에서 대략 20 분 정도 편안한 자세로 적응함.
- ⑥ 물리치료 중단.
- ⑦ 피부를 자극하는 모든 검사와 치료를 피함.
- ⑧ 약을 복용중인 경우에는 의사와 상의.

2. 생물광자 (Biophoton)

生物光子(biophoton)는 말 그대로 살아있는 생명체에서 방사되는 약 250 - 800nm 정도로 자외선에서 근적외선 영역의 파장대에 속하는데 러시아의 구르비치가(A. Gurwitsch) 1930 년대 양파의 유사분열 현상에 관한 연구를 통하여 그 존재에 관한가설을 발표하였다¹⁸⁾. 생물 광자의 광학적 특징은 그 세기가 매우 낮아 단광자 계측으로만 검출될 정도로 약하다는 점이다^{18,19)}. 생물광자는 초미약 전자기파로 10^{-16} Wcm⁻² 세기를 가지므로 이 미약한 빛을 검출할 수 있는 광전자증배관 (photomultiplier tube, PMT) 고안은 이 분야 연구를 향상시키는데 결정적인 역할을 하였다. 또한 현재까지도 실험시 많은 주의를 하지 않으면 배경복사잡음 때문에 무의미한 결과를 얻을 때가 많다. 생물광자의 파장대는 넓으나 자외선 쪽인 400nm 이하의 파장을 가지는 생물광자의 세기가 가장 높

다. 생물광자, 초미약광자방사, 화학발광 등의 다양한 용어로 불리는데 그 기원에 대한 가설에 따라 연구자들이 용어를 선택하는 듯하다. 생물광자의 기전 연구 및 임상 적용은 현재 실험단계에 있는데 생물광자 연구 결과를 공유하며 연구 저변확대를 위한 프로그램으로 포프(A. Popp)가 독일 Neuss 에 있는 International Institute of Biophoton (IIB)에서 매년 여름 학회를 개최하는데 그 참가자들은 기초 과학자(물리, 화학, 생물), 한의사, 의사, 치과의사, 신경학자, 대체의학 치료사, 생명공학자등이어서 새로운 분야에 대한 융합 접근법이 행해지고 있다는 것을 알 수 있다.

1) 생물광자의 발생기작

현재 생물광자의 발생 기작에 관한 이론으로 생물체의 결맞음성(coherence)의 결과라는 가설과 생체 신진대사의 불완전성에 기인한다는 서로 상반된 학설이 제시되었다. 결맞음성 이론은 1970년대 포프가 이끄는 독일 그룹에서 제안하였으며, 생체는 모든 세포와 조직이 아주 잘 조화된 결맞는 상태이며 이 상태를 이루는 결맞음장에서 생물광자가 방출된다는 것이다^{20,21)} 이 가설에 따르면 생물광자의 주광원은 세포내의 DNA로 여겨지며, DNA가 어떤 자극에 의해 레이지 광선같이 결맞은 빛을 방출한다. DNA에서 방출되는 생물광자는 정해진 시간 간격에 따라 특정한 장소에서 신진대사를 촉발하는 등의 세포내의 영구적인 조절 활동과, 성장과 분화를 조절하는 등의 세포간 조절활동을 한다. 초창기 그의 동료였던 일본

의 이나바(H. Inaba)가 제시한 불완전성이론에 따르면^{22,23}, 생물광자는 임의적이면서 드문 비정상적 대사활동에 의해서 일어나는 약한 발광현상에 기인한다. 일반적으로 이 대사활동은 활성산소가 생성되는 산화 작용과 관계가 있다. 전자적으로 불안정한 HO₂ 등의 활성산소가 열적 평형로 돌아가기 위해 지속적으로 여분의 에너지를 빛의 형태로 방출하는데 이것을 생물광자의 기원으로 여겼다. 활성산소는 세포간 대사활동의 신호 전달에 중요한 역할을 하나, 그 양이 적정수준을 넘을 경우 세포 기능 장애, 노화, 세포사 같이 생체에 나쁜 영향을 미치는 것으로 알려져 있다²⁴. 따라서 생물광자는 세포나 조직의 병리학적 상태, 즉 건강 상태를 나타낼 수 있으며, 이런 관점에서 연구가 진행되고 있다. 발생기작에 상관없이 공통적으로 생물광자는 생물 상태에 대한 정보를 가지고 있다는 가설의 받아들여지고 있다. 따라서 생물광자 연구는 진단기기로서의 가능성을 가지고 있으며 병증에 대한 실험이나 식품의 신선도등과 같은 품질 측정에는 특허들이 등록되었거나 제품을 통하여 상업적으로 이용되고 있다²⁵.

2) 생물광자 검출 원리

생물광자의 주요 특징 중의 하나인 매우 낮은 세기에 기인하여, 여러 가지 실험상의 애로점을 가지고 있다. 그 중 하나는 단일광자(single photon)를 측정할 수 있을 만큼 예민한 장치를 이용해야 한다는 점인데 이것은 불가능 하다. 생체에서 발광된 생물 광자는 계측기기에 입사되면 그 광자는 광전

효과에 의하여 전자로 바뀌고, 이 발생된 전자는 그 수가 너무 작아서 측정하기 어렵기 때문에 Photomultiplier tube (PMT- 광증폭관)를 통하여 초기 발생된 전자의 개수를 여러 단계의 전자증폭을 통하여 측정 가능한 전류로 바꾸어서 기록한다. 발생된 생물 광자는 검출기기를 통하여 결국 생물 광자들의 상대적 세기로 기록 표현 된다. (Fig. 1 참조)

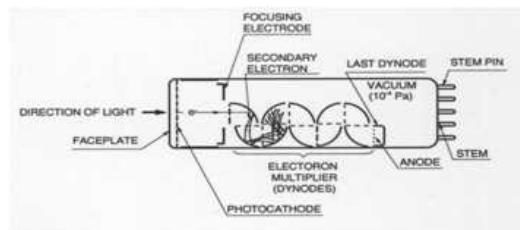


Fig. 1. A structure of the PMT (photomultiplier tube : head-on type). Photoelectrons can be amplified by the multiple collisions with dynodes. (Hamamatsu Co. Japan)

이런 증폭과정을 거친다 하더라도 단위 시간(초)당 방출되는 생물광자의 양이 너무 작기 때문에 두 개 이상의 광자들이 동시에 측정기에 도달할 가능성은 거의 없다. 이런 점을 이용한 측정 방법이 단일광자측정(single photon counting)이다. 이 방법에 따르면 광자가 발생시킨 광전자가 단일펄스로 측정되는데 이것을 하나의 사건이라고 부른다. 어느 특정 시간동안 이 사건들이 벌어진 횟수를 합산하는 것을 단일광자측정이라고 부르며 이 횟수가 바로 그 물체에서 방출하는 생물광자의 세기가 되는 셈이다. 일반적으로 생물광자 세기 단위가 cps(count per second)로 되는 이유가 여기에 있다. 생물광자 파장

대가 200 - 800 nm 로 상당히 넓은 범을 고려하여 검출영역이 이에 해당되는 광전자 증배관을 선택해야 되는데, 거의 대부분 광전자증배관이 감도가 모든 입사파장에 대하여 일정하지 않고 특정파장에 대한 높은 감도를 보이며, 이렇게 넓은 영역의 파장의 빛을 적정한 감도를 가지고 검출하지 못한다. 그 이유는 이 정도의 넓은 파장대의 빛에 반응하여 광전자를 충분히 방출하는 물질이 없기 때문이다. 가령 많이 사용하는 PMT인 RS331-05S(Hamamatsu, Japan)는 Bialkali를 측정소자 물질로 사용하며 측정 대역은 300-650 nm 로 최대 감도는 420 nm 에 위치한다. 따라서 생물광자 측정 시 피검자에서 방출되는 생물광자의 넓은 영역의 파장 중에서 한정된 영역의 파장들이 측정에 사용하고 있어 신호 처리가 더 어렵다. 이 일부측정은 해석상의 문제도 야기한다. 만약 측정코자하는 생물광자의 파장대가 측정기기가 측정할 수 없는 영역에 존재하거나 측정효율이 떨어지는 영역에 있을 경우에는 생물광자를 측정할 결과는 잘못된 측정이 된다.

최근 기술이 발달함에 따라 PMT 이외에 고감도 CCD 사진기로도 생물광자를 검출할 수 있게 되었다. 단위 시간당 방사되는 생물광자의 세기가 낮으므로 이 약점을 보완하기 위해 오랜 시간 노출하여 2차원적 영상을 얻을 수 있는 기기가 Intensified CCD (ICCD) 또는 Electron Multiplication CCD (EMCCD) 사진기이다^{26,27}. 일반 디지털사진기에 사용되는 CCD 소자 대신 CCD 소자 전단부에 증폭기를 설치하거나 각 CCD

화소에서 읽은 광전자 신호를 내부 회로를 통해 신호를 증폭하여 최종적으로 신호를 읽은 다음 적외선 사진기처럼 화면을 구성한다. 비록 신호 증폭을 하나 PMT에 비해 그 증폭도와 S/N 비가 떨어져 측정 시 노출 시간을 30 분에서 1 시간 정도 유지해야 된다. 그러나 DITI와 마찬가지로 2차원 상을 얻을 수 있기 때문에 해상도란 측면에서 장점을 가지고 있다. 가령 안면부위나 상반신 부위를 촬영하여 생물광자의 분포를 볼 수 있기 때문에 PMT에 비해 공간 분해능이 월등하며, 이 분해능은 정도는 적외선 센서와 마찬가지로 어레이와 화소의 크기, 전기적 특성, 잡음제거, 렌즈 조합, 영상처리기술에 따라 그 값이 달라진다. 이 분야에서 가장 앞선 연구는 일본 동북공대의 고바야시 교수가(M. Kobayashi) 이끄는 연구진에 의해 행해지고 있으며 많은 연구자들이 그의 연구실을 방문하여 공동연구를 진행하고 있다²⁸. 향후 기술의 진보에 따라 더욱 우수한 ICCD 사진기가 개발될 수 있으며 이에 따라 생물광자 연구는 더 높은 수준으로 올라가리라고 예상된다.

3) 생물광자 촬영방법

생물광자는 전술한 바와 같이 그 세기나 매우 낮기 때문에 대단히 주의하여 측정하지 않으면 외부 잡음에 의해 무의미한 측정이 이루어질 뿐만 아니라 측정기기가 영구히 손상될 수 있다. 따라서 촬영실의 설치 및 측정 시 주의 사항을 엄수하여야 한다. 또한 피검자가 태양광과 같은 외부 광원에 노출된 경우 지연광 (delayed luminescence)

을 방출하므로 이를 고려하여 충분히 암적응을 시켜야 한다. 생물광자 촬영은 실험 수준에 있으므로 적외선 촬영과 같이 임상을 위한 복잡한 프로토콜은 없으나 시야를 전혀 확보할 수 없는 암실에서 진행하므로 거동이 불편한 피검자는 특별한 조력을 받아야 한다. 또한 피검자로부터 방사되는 생물광자를 촬영하므로 적외선 촬영과 마찬가지로 비침습적이며 외부자극이 전혀 없다. 광전자증배관 사용 시 배경잡음을 보정하기 위해 측정 시 항상 배경잡음을 연속하여 측정 후 잉 배경 잡음을 보정해 주어야 한다. 측정시간은 최소 3 분 이상으로 하며, 측정 간격은 1 초로 한다. 최근 0.5 초로 간격을 좁혀 측정하는 것이 분석에 유리하다는 의견이 개진되었다²⁹⁾. 측정 결과를 분석하기 위해 부위별 조건별 평균 cps 를 구하고 각 평균치를 비교하는 기초적인 분석법이 있다. 또한 양자통계기법을 사용하여 분석하여 새로운 지표를 찾는 등^{30,31)} 효과적인 분석방법을 찾기 위한 연구는 진행 중에 있다.

촬영실의 외부 광원 차단 및 온도 유지가 가장 중요하다. 완벽하게 외부 광원을 차단한 경우라도 피검자의 체온에 의한 온도 상승은 생물광자 검출기의 온도 상승을 유발하여 잡음을 증가시켜 신호대 잡음비를 낮추어 분석이 불가능하게 될 수도 있다. 실내 온도는 20 ℃를 유지하며 측정기기의 온도는 그 기기의 사양에 맞추어 잡음이 증가하지 않도록 하여야 한다. 측정 대기실은 자연광으로부터 완전히 차단되어야 하며, 실내 조명은 가시광선 중 파장이 긴 붉은 색 계

통의 광선을 방사하여야 한다. 또한 측정기에 부착되어 있는 모니터와 같은 전자기기에서 나오는 빛을 최소화하여 실내 암실 수준을 높이도록 한다.

(1) 측정 시 준비 사항

- ① 온 습도 유지
- ② 외부 빛 완전 차단 (측정 대상을 제외한 타 광원을 완전 제거함)
- ③ 측정기(PMT)의 일정 온도 유지
- ④ 형광물질이 함유된 의복 탈의
- ⑤ 장시간 밀폐된 공간에서 장시간 촬영을 고려한 공간 확보 (2 m x 3 m 정도)
- ⑥ 배경 잡음 보정을 위한 측정
- ⑦ 측정 위치별 최소 3 분 이상 측정
- ⑧ 측정실 입실 후 최소 3 분간 최종 암적응.
- ⑨ 측정 부위를 노출 시켜야 함. 현재는 얼굴, 손, 발과 같이 노출과 측정이 상대적으로 용이한 인체 부위를 측정함.

(2) 피검자 준비 사항

측정 대기실 입실부터 측정 완료까지 대략 1 시간 반 정도 소요되므로 이를 고려하여 피검자를 준비시켜야 한다.

- ① 측정전 최소 한 시간 이상 실내에서 편안한 심신을 유지
- ② 측정 대기실에서 최소 15 분간 암적응 실시함.
- ③ 향수나 화장품과 같은 피부에 도포된 방향성 물질을 완전히 제거함.
- ④ 측정대기실 입실 전 비누로 측정부위를 세척하여 화학물질에 의한 화학발광을

제거하고 생물광자의 전파를 방해하지 않도록 함.

⑤ 특히 과산화수소와 같은 활성산소가 함유된 물질은 철저히 제거함.

⑥ 측정전에는 태양광에 직접 노출되지 않도록 함.

3. Gas discharge visualization(GDV)

GDV는 기체방전영상화라고 번역될 수 있는데 이것은 기체방전에 의해서 발생하는 빛을 사람들이 잘 볼 수 있게 해준다는 것을 의미하며 구체적으로는 기체방전을 이용하여 인체의 정신적 육체적 상태를 눈으로 보여주는 기기를 말한다. 최근에는 EPC(electrophoton capture)라는 개념으로 더 많이 사용되고 있다³²⁾. 기체 방전은 두 전극 사이에 걸린 고전압에 의해 발생하는데 이 현상을 최초로 기술한 사람은 독일의 Lichtenberg이며, 이렇게 형성된 상을 Lichtenberg figure 라고 불렀는데³³⁾ 19세기 후반에서 20 세기 초까지 테슬라(N. Tesla)를 포함한 많은 사람들이 이와 비슷한 연구를 실시하였다. 이들 중 1939 년 소련의 킬리언(S. Kirlian)은 사진 판 위에 있는 물체에 고전압을 걸어주면 작은 코로나 방전이 발생하여 어떤 상을 사진 판 위에 발생시키는 것을 발견하게 되는데 이것이 킬리언 사진이다. 이 킬리언 사진기에 전기적 특성을 조절하고 발생하는 빛을 검출하여 인체 건강 진단에 사용하도록 상용화된 것 중 대표적인 기기는 러시아 물리학자인 코로트코프교수(K. Korotkov)가 개발한 GDV이다³⁴⁾. GDV는 기본적으로 인간의 코로나 방전을 측정하여 인체 전체에 대

한 해석을 시도하는데, 이것은 측정결과를 해석 할 때 경락과 차크라의 모델을 사용하여 분석한다. 이는 전체주의적 입장에서 사물을 해석하는 것을 뜻하며 한의학과의 상관성에 대해선 나중에 언급하기 측정결과를 한다. 여기서 주의를 기울일 만한 사항으로는 사람뿐만 아니라 식물, 동물, 그리고 물이나 보석 같은 대상에도 GDV를 적용한다. 즉, 생물과 무생물 모두 얻을 수 있으며 이런 면에서 생물광자와³⁵⁾ 현격한 차이가 있다.

1) GDV의 발생기작

GDV로 대표되는 킬리언 사진기는 외부에서 인가된 전압에 의해 발생하는 기체 방전을 촬영하여 육안으로 볼 수 있는 영상을 제공한다. 기체 방전은 전극표면 근처에 있던 중성기체가 전압에 의해 전자를 방출하고 이온화 되어 전자기파를 발생하는 현상을 말한다. 고전압에 의해 방출된 전자가 이동 중 다른 공기 분자와 충돌하여 또 다른 전자를 방출하게 되는데 이 과정이 반복됨에 따라 마치 눈사태처럼 충돌 전자수가 급격히 증가하여 육안으로 볼 수 있는 가시광선을 발생시킨다. 기체 방전은 발생 조건에 따라 대략 글로우 방전, 아크 방전, 코로나 방전, 불꽃 방전으로 나누어지며 GDV는 코로나 방전을 이용한 것이다. 기체 방전은 인가전압이 높을수록 발생하기 쉬우며, 표면이 돌출된 부분에서 이 보다 낮은 전압이 인가되어도 발생할 수 있다. 이런 이유로 코로나 방전은 전극의 형태에 따라서 다른 양상을 보이며, 발생 원리에 따라 애초 전극 주변

공기의 이온화 정도에 따라서도 방전 양상이 다르다. 생체는 저항, 축전, 유도등의 전기적 성질들을 가지고 있으며, 모든 장기는 외부 전기 자극에 반응한다고 알려져 있다. 펄스에 의해 발생하는 고주파수 전기가 인가된 조건하에서, 방전의 성격은 몸 일부가 아닌 전체 성질의 영향을 받는다. 동시에 고주파수 때문에, 전류중 일부는 내부 장기를 건드리지 않고 피부표면을 따라 흐르는데 이를 skin effect라고 한다. 피부의 땀에 의해 방전이 영향을 받아 실험의 오류를 발생시킨다는 주장이 제기되기도 한다. 그러나 연구에 의하면 피부의 습도가 지극히 높지 않을 경우는 그 영향이 없다³⁶⁾. 또한 얇은 고무장갑을 낀 채 GDV를 측정하여도 큰 변화가 야기되지 않았다.

2) GDV 측정 원리

Electro-photon Capture인 GDV의 기본 구조는 비교적 간단하다. 하부 표면에 10 um 정도의 두께를 가지는 그물 형태의 전기전도물질이 입혀진 유리 와 같은 투명한 유전체위에 손가락과 같은 측정대상을 올린다. 인체에 거의 영향이 없으면서 동시에 코로나 방전이 유도되는 수준의 적당한 펄스 전압을 전기전도물질에 가한다. 이 전압은 지속 시간 0.1s, 1024 Hz의 주기를 가지면서 (임펄스 지속 시간은 10 us, 반복 진동수는 1024 Hz, 유도 간격은 0.5 -32 초, 전극 전압은 10-15 kV 이다) 증가율 10^6 V/s의 3 KV 이다. 여기에 사용되는 전압에 의해 발생하는 전류는 uA 정도로 아주 예민한 사람이 아니면 느낄 수 없다. 이렇게 가해진 전

압에 의해 손가락 주위에는 육안으로 볼 수 있는 코로나 방전이 발생하게 된다. 방전을 기록하고 분석하기 위해서 유리 하부에 촬영장치를 설치하는데, 대부분 광학렌즈와 CCD 소자로 이루어진 사진기를 설치한다. CCD 사진기에 의해 수집된 코로나 방전 영상은 컴퓨터에 의해 분석된다(Fig. 2 참조).

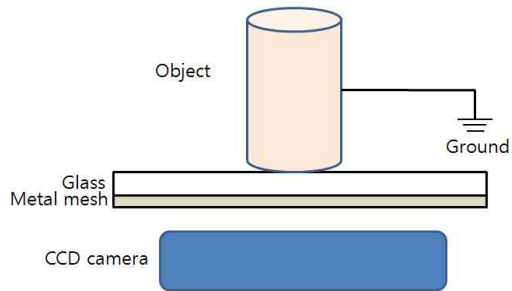


Fig. 2. Schematic of a GDV camera. The glass and metal mesh in the figure must be transparent for imaging by the CCD camera underneath.

CCD 구조상 각 화소 에 의해 얻어진 영상 정보를 쉽게 디지털화해서 해석할 수 있다. 이런 의미에서 GDV는 컬러인 사진기의 디지털화된 기술이라고도 할 수 있다. 수십 20 ms 동안 대략 20 개 정도의 영상을 촬영하며 이 영상들을 평균하여 만들어진 영상을 결과로 저장하게 된다. 열 손가락 모두를 측정하여 해석하는 GDV는 분석을 위해 총 10 개의 영상 파일을 저장하게 된다. 이 영상을 이용하여 방출 빛의 이차원 영상의 영역, 방출세기, 밀도 같은 매개변수들이 계산된다. 일단 손가락의 GDV가 확보되면 여러 가지 분석을 거쳐 대상에 대한 진단을 내리게 된다. 먼저 손가락 GDV의 정량분석을 위해 상을 분류하고, 전극과 손가락이 접하는 지역에 타원형 상의 분포를(ring distribution)

구한다. 그리고 개인의 특성에 따른 잡음을 분석하는데 이 잡음이 생물광자와 관련있다고 한다. 이후 상의 전체 또는 특정 부분 (sector)로 나누어 분류한 후 결합지역을 평가한다. 결합지역은 상에서 강하게 왜곡되어 있는 부위를 의미한다. 이후 Sector 분석을 하게 되는데 수축침 원리를 바탕으로 하여 손가락 GDV와 장기의 상태와 연결하여 분석한다³⁴⁾. 각 부분상의 결합을 연결하여 분석한다. 또한 좌우 손가락상의 상관성을 찾는다. 마지막으로 차크라 개념에 의거하여 손가락 GDV를 분석한 후 진단이 완료된다.

GDV는 어떤 대상 주위에서도 만들 수 있으며 그것의 크기나 색깔, 분포의 미미한 변화도 보여준다. 이 변화는 대상물의 전기적 특성이나 방사특성, 가스증발과 환경과의 에너지교환 등을 포함하는데 암환자의 혈액 샘플에서 취한 이 이미지는 건강한 사람의 그것과 중요한 차이를 보여준다. 사람의 심리상태나 감정상태도 GDV 이미지에 영향을 미치며, GDV상은 스트레스 수준을 평가하는데 사용되고 있기도 하다. 웹에 나와 있는 대부분의 GDV 기기 설명에는 빠져 있지만 GDV용 특수 필터가 제공되는데, 이 필터의 목적은 정신상태를 보고자 할 때는 GDV 판위에 필터를 놓은 후 손가락을 접촉시켜 GDV를 구한다³⁷⁾. GDV 신호는 어느 정도 요동이 있으며, 이 요동에 대한 보정을 위해 표준시료로 모서리가 잘 연마된 원통형태의 금속봉을 사용하며 이것의 GDV 변화는 대략 5 % 이하이다. 이것은 GDV가 가지고 있는 가스 방전에 의한 태생적인 한계를 나타낸다. 시간에 따른 GDV의 변화는

건강한 사람의 경우는 하루 중 변화와 일간 변화를 보이며 병증이 있을수록 심하다고 알려져 있다. 그러나 맥박, 피부저항, 온도에 따른 유의한 변화가 발견되지 않았다. 즉, 압력, 손가락 크기, 땀 또는 전도도의 변화와 같이 과거의 킬리언 사진기의 단점이 GDV에 의해 극복되었다고 주장한다.

3) GDV 촬영방법

GDV는 적외선이나 생물광자 측정과는 달리 일상적인 환경 하에서 이루어지므로 환자들이 느끼는 불편함을 감소시킬 수 있고, 보다 부드러운 환경에서 측정할 수 있다. 기본적으로 GDV는 일상 실내 조건에서 사용하도록 설계되어 있어 외부 조명에 대한 우려도 필요 없다. GDV 기기의 작동 온도는 10 -35 ℃ 이므로 일상생활에 지장이 없는 실내 온도면 충분히 좋은 조건을 갖추는 셈이다. 피검자가 기기의 도움없이 스스로 손가락을 측정유리에 접촉하게 되므로 이에 따른 측정 결과의 변화를 예상할 수 있는데, 손가락을 누른 각도는 10-40도 정도이면 주 진단에는 영향을 주지 않지만 평면에 대해 10도 정도이면 적당하다. 만약 손톱이 길 경우 그 각도에 영향을 줄 수 있으므로 주의하여야 한다. 누르는 압력은 항상 일정해야 하는데 손 자체의 하중을 이용하여 누르는 방법을 추천한다. 만약 손가락 결손이 있는 경우, 결손 손가락에 해당되는 다른 쪽 손가락의 데이터를 사용해서 분석할 수 있다고 한다. 그 결과는 모든 손가락 데이터를 사용한 경우와 유사하다고 한다³⁷⁾. 이렇게 얻어진 정보는 프로그램에 의해 분석되어

환자와 시술자가 볼 수 있는 보고서가 나온다. 이 과정에 소요되는 시간은 10 분이 되지 않는다. 이 기기는 15 KV의 펄스고전압을 사용하지만 매우 낮은 전류량과 적용시간에 기인하여 컴퓨터 모니터에 비해 낮은 전력을 소모하고 또한 시술용으로 제작되어 안전하다. 그러나 고전압에 의해 발생하는 문제도 있다. 펄스고전압에 의해 약간의 오존이 발생하는데 사용시간의 단축 및 환기를 통해 오존을 제거할 수 있다. 따라서 밀폐된 측정실 보다는 공기의 흐름이 자유로운 사무실이나 거실 같은 곳을 측정실로 사용하면 된다. 또한 고전압 사용 시 접지가 필요하므로 측정실은 3상으로 접지가 된 전기콘센트가 설치되어야 한다.

(1) 측정 시 준비 사항

다른 측정과는 달리 GDV 측정실은 특별한 준비를 요하지 않는다.

① 온도는 일상생활에 불편이 없을 정도의 온도이면 충분함

② 외부 광원에 민감하지 않으며 실내 조명을 사용할 수 있음.

③ 거실이나 사무실 같은 일상생활을 영위하는 곳이면 측정실로 사용가능.

④ 심리적 안정을 유지할 수 있는 분위기를 조성해야 함.

⑤ 측정기중 손가락이 직접 접촉하는 부위는 알콜로 닦아 이물질 제거함.

(2) 피검자 준비 사항

① 모든 측정과 마찬가지로 촬영전 대략 20 분 정도 실내에서 안정을 취한다.

② 안정을 유지하는 동안에는 신체에 변화를 야기할 수 있는 과격한 운동이나 복잡한 생각을 하지 않는다.

③ 촬영코자 하는 부위를 (주로 손가락) 알콜로 세척한 후 완전히 건조되도록 한다.

④ 측정 시 각 손가락을 손가락 고정대에 넣어 순서대로 손가락의 바꾸어 가며 측정한다. 손가락이 측정기를 누르는 압력은 가능한 한 일정하도록 한다.

이 결과는 인체의 정신상태의 정보를 얻는데 사용한다.

⑤ 이것이 끝난 후 GDV에 필름을 올려 놓고 상기 과정을 반복한다. 이 결과는 육체상태의 정보를 얻는다.

III. 考 察

인체에 특정 자극을 가한 후 그 자극에 따른 인체의 반응을 보고자하는 연구는 기초과학의 발전과 더불어 이루어져 왔다. 인체 상태를 정확히 인지하는 노력은 여러 가지 측정 장치의 고안 및 발달을 야기하였는데 전술한 세 개의 측정기기들은 한의학적 인체관에 보다 근접한 것들 중 일부이다. 침구 시술 전후 간 환자의 상태 변화를 정량적이고 객관적 방법으로 확인할 수 있다면, 기존 치료법 간의 효능 비교 및 새로 개선된 치료법의 도입이 용이해지므로 이에 해당되는 의술은 급격히 발전할 수 있다. 따라서 효능을 정확하게 진단할 수 있는 기기의 발명은 의술의 발전에 필수적이며 이런 연유로 전술한 세 개의 기기에 대한 간략한 소개 및 그 한의학적 의의를 소개코자 한다.

1) 적외선촬영의 한의학적 진단 적용

체온분포는 피부 조직 간의 열교환, 대사 활동, 혈관, 일주기성, 항상성 유지를 위한 교감과 부교감신경 활동 조절과 같은 많은 복잡한 요인에 의해 영향을 받는다^{38,39)}. 또한 주위 공기 흐름에 의해 야기되는 대류에 의한 열 손실도 한 요인이 된다. 임상에 적용되는 열촬영은 인체 표면의 온도분포를 상을 보여주는 것으로 비록 논란은 많지만 1960년대부터 다양한 의학적 조건에 대한 진단도구로서 사용되었다. 가장 많이 사용되고 있는 병증은 유방암으로, 적외선촬영은 암세포가 생성한 NO에 의해 야기된 혈류증가에 따른 온도 상승을 감지한다. 질환은 항상성에 변화를 야기하는 경우가 자주 있기 때문에, 온도 측정은 주요 진단 기술의 하나로 사용될 수 있다. 그러나 유방암 진단을 제외하고는 적외선 의 의학적 적용은 연구가 진행 중이다. 건강인인 경우, 일반적으로 신체중심선을 중심으로 좌우의 온도 분포가 대칭적이다^{40,41)}. 적외선촬영을 포함한 영상 진단기법의 주관적 해석은 정상인의 경우 좌우대칭이 되어야 한다는 개념을 기본으로 하고 있다. 그리고 작은 비대칭성은 병증에 기인할 수도 있다고 생각한다. 따라서 적외선촬영에 의한 열의 비대칭성 확인은 병증 진단의 단초를 제공할 수 있다. 인체에서 얻어지는 생체신호 중의 하나인 체온은 신진대사나 병증과 상관관계를 가지기 때문에 질병의 유무를 포함한 건강상태를 나타내는 척도 중의 하나로 여겨져 왔으며 한의학도 예외가 아니다. 대표적인 음양현상으로서 한

열(寒熱)은 절대적인 양보다는 상대적인 개념으로 받아들여 지지만 환자에 대한 한열 증상은 시술자의 감각에 의해 판단되는 것으로 정량화하거나 객관적인 지표를 제시하는데 어려움이 있었다. 따라서 이를 위한 측정진단기기의 출현은 항상 기대되어져 왔으며 온도분포에 대한 이차원 영상을 얻을 수 있는 적외선촬영기술이 국내 한의학계에 진단기기로서 적용되기 시작한 때는 대략 1990년 초반으로 체간(體幹)의 온도 분포에 대한 연구가 발표되었다⁴²⁾. 허준 등은 적외선촬영은 한열차이를 측정함으로써 진단하며 인간이 가지고 있는 열적분포를 통해 체질분류를 시도하여 특징적인 한방진단기기를 개발하는 계기로 고려하였다. 이후 적외선촬영의 기전과 진단응용성에 대한 문헌고찰이⁴⁾ 이루어졌는데 황제내경에 근거하여 인체 한열의 관계는 심(心)과 신(腎)의 관계로 표현된다고 하였다. 이 연구에 따르면 피부온도는 심부온도와 체온조절상황을 나타내는 지표이지만 양자 간의 직접 대응관계가 의미하는 것이 아니다. 왜냐하면 주위 온도, 대사물질, 수분평형, 운동정도, 일주기 변화 등에 의해 표피온도 변화폭이 심부온도의 그것보다 훨씬 크기 때문이다. 박 등은¹³⁾ 사지질병이나 냉증등과 같은 환자가 자작하는 질환을 가시적으로 나타내는 방법이 없었으나 적외선촬영을 통해 그 질병의 양상을 가시적으로 보여주므로 일정한 의의가 있다고 하였다. 그들은 온도변화가 한열의 변화를 의미한다고 단정적으로 볼 수 없기 때문에 한의학의 한열개념을 판단하는 기기는 아니며 다만, 한의학의 한열개념에 대해

연구함에 있어서 체열영상을 한의학적진단에 도입함으로써 그 방법론에 있어서 객관적인 하나의 지표로서 활용한다면 큰 도움이 될 것으로 기대하였다. 한편, DIII를 이용하기 위해 한의학적으로 이해하고 변증시치(辨證施治)에 사용하기 위해 한의학적 한열개념에 대한 이론 도입의 필요성을 주장하며 내경을 중심으로 한열 발생기전을 문헌적으로 고찰한 연구가 나왔다⁴³⁾. 상기의 기본적인 연구들을 바탕으로 임상연구로는 구안와사, 오십견, 요각통, 추간판탈출증, 중풍 등에 대한 자침효과연구가 실시되었으며, 침 효과를 측정하기 위한 기초 연구에 사용되었는데 합곡혈 자침 시 온도 변화⁴⁴⁾, 전침 치료와 단순 자침치료 시 효과비교⁴⁵⁾, 특정 질환의 평가도구로서의 DITY⁴⁶⁾, 염전침자극 효과⁴⁷⁾ 침법에 따른 효과 비교⁴⁸⁾ 자침깊이에 따른 효과비교⁴⁹⁾ 등이 있다.

적외선촬영을 통한 경락현상 관찰 여부에 관한 논쟁은 생물광자 연구로 유명한 포프에 의해 대두되었다⁵⁰⁾. 그의 연구에 따르면 간접구로 경혈이 자극되고 그 자극에 의해 해당 경락이 활성화 되는데, 이를 적외선촬영을 통해 관찰할 수 있었다. 따라서 간접구에 의해 光經路이 형성되는데 이것이 한의학에서 말하는 경혈과 동일하기 때문에 최초로 인체의 경락구조 존재 증거를 찾았다고 주장하였다. 같은 연구에서, 생물체내에서 물질과 빛의 관련성에 관한 미분방정식을 이용하여 경락의 수직방향으로 좁은 방사선이 일어남을 설명하였다. 이 연구결과가 발표되어 많은 연구진을 이 현상을 재현코자 하였는데 이 중 오스트리아의 리체(G.

Litscher) 교수는 다른 해석을 내놓았다. 뜸 자극시 관찰된 경락형태의 적외선 영상은 뜸에서 방사되는 적외선에 의한 것으로 경락현상과 무관하다는 주장을 하였다⁵¹⁾. 또한 경락현상이 아님을 증명하기 위해 시체를 대상으로 한 실험을 통해 똑 같은 결과가 있음을 보였다⁵²⁾. 즉, 포프의 결과는 생명현상과 상관없이 단순히 뜸이 적외선 램프 역할을 하고 이것을 적외선사진기가 검출하였다고 주장하였다. 이 발표에 의해 포프의 실험결과 해석에 대한 논쟁이 촉발되었으며 양측의 주장을 지지하는 후속 실험은 아직까지 보고되지 않았다. 포프그룹에서 제작한 그들 실험을 보여주는 동영상에 의하면(실험동영상이 실린 DVD를 2007년 IIB summer school에서 판매되었음), 실험방법상 경락현상 이외의 다른 요인이 있는 것으로 추정된다. 또한 리체의 실험도 확실한 결론에 도달하기 위한 추가 실험이 필요하다고 사료되며 이를 확인코자 하는 실험이 리체교수와 협의하여 저자에 의해 준비 중에 있다.

2) 생물광자의 한의학적 진단적용

포프의 초기 연구부터 생물광자 개념은 전체주의에 입각한 생명관을 바탕으로 하고 있기 때문에 생체진단기기의 가능성을 항상 언급되었었다. 한의학적 유사성에 기인하여 연구 초창기부터 그 적용 가능성이 대두되어 많은 기초연구들이 한의학과 관련성을 가졌다. 중국의 엄지강은 경혈주위에서 방출되는 생물광자가 그렇지 않은 지역에서 나오는 것에 비해 그 양이 많다는 실험결과를 보였다⁵³⁾. 그러나 한의학 적용은 국내연구진

에 의해 이루어졌다. 소등에 시작된 기초연구에 의하면 손등과 손바닥의 생물광자의 연중 경향성은 서로 다르며, 개인간 차를 가지고 있다⁵⁴⁾. 손바닥은 일 년 동안 비슷한 경향을 보이지만 손등은 많은 변화를 가지며, 계절에 따라 손등과 바닥이 반대 경향을 보였다. 계절적으로 가을에 가장 생물광자량이 작았으며 6월부터 11월까지 손등의 방출량이 더 작았다. 양손 생물광자의 상관관계가 크고 손등/바닥 상관관계는 작았다. 또한 손바닥 생물광자의 결맞음 정도가 손등보다 높았다^{54,55)}. 7명의 중풍으로 인한 반신불수 환자를 대상으로 연구가 진행되었다⁵⁶⁾. 7명 중 4명은 일반인보다 손등/손바닥 생물광자의 비대칭성이 컸으며, 불수인 쪽에 빛이 적게 나왔다. 이 점에 대해 저자들은 대상자숫자는 적으나 의미 있는 결과라고 간주했다. 이들을 대상으로 침치료를 시행한 결과, 생물광자 분포가 더 대칭적으로 변화하였음을 관찰하였다. 이 실험은 한의학적 치료방법에 의한 생물광자의 변화를 연구한 최초의 연구로, 이 실험 결과에 따르면 침치료는 생물광자 방출량에 영향을 주는 효과를 인체에 발생시킨다고 볼 수 있다. 그리고 그 변화의 양상이 건강인에게서 나타나는 좌우대칭으로 변화되는 경향을 보였다는 것은 침치료가 환자에게 긍정적인 영향을 미쳤다고 가정할 수 있다. 이는 생물광자를 관찰하여 치료 효과도 검증할 수 있는 가능성을 제시한다고 볼 수 있다. 정상인과 감기환자의 생물광자를 비교한 결과에 의하면, 감기환자의 손등에서 비교적 높은 생물광자가 검출되었으며, 양손등과 손바닥 생물광자 분

포는 절대량은 경향성을 보이지 않았으나, 상대적인 산포는 감기환자에서 더 넓음을 확인하였다⁵⁷⁾. 이는 좌우 음양의 균형이 감기의 경우 많이 깨짐을 알 수 있는데, 이에 대한 해석은 한의학적 해석과 동일하다. 그 논문에서 생물광자 측정을 통한 경락 경혈 연구, 한의학적 조기 진단기기, 한의학적 건강지표에 대한 가능성을 언급하였다.

이 등의 국내 생물광자 연구에 대한 논문에는 이에 관한 내용이 자세히 기술되어 있다⁵⁸⁾. 따라서 본고에서는 2006년 이후 새로운 연구결과를 바탕으로 진단적용가능성을 논하고자 한다. 생물광자와 인체온도간의 상관성은 적외선이 검출기에 검출될 가능성에 대한 고려에서 출발하였으나 측정기 자체의 특성에 의해 적외선이 검출될 가능성은 매우 낮기 때문에 비록 적외선영역에서 생물광자가 존재한다하더라도 측정할 수 없다. 따라서 적외선과 생물광자의 중복성은 존재하지 않는다. 그러나 인체온도는 전술한대로 인체 상태에 대한 정보를 가지고 있는 생체신호이고 생물광자 또한 그러하므로 양자간의 어떤 상관관계 가능성은 배제할 수 없다. 이런 이유로 생물광자와 인체온도 간 상관성 연구는 필요하여 생물광자 측정시 측정부위의 온도는 필수적으로 측정하고 있다. 이 자료 분석으로 생물광자 측정위치의 온도와 생물광자 방출량간의 유의한 상관성이 없다는 결론에 도달하였다. 즉, 생물광자와 적외선영상간의 상관관계는 없고 서로 다른 생체반응을 측정한다. 그러나 추후 국내외에 행해진 실험에 의해 다른 형태의 상관관계가 있음이 밝혀졌다. 이의 일주기 실험결과

에 의하면, 온도의 변화 양상과 생물광자의 변화 양상이 어느 정도의 위상차를 가지고 일치하였다. 즉, 온도치 그 자체보다는 변화 양상이 생물광자의 그 것과 일치함을 알 수 있었다. 즉, 체온과 마찬가지로 생물광자도 일주기를 가지고 있었다^{59,60}. 따라서 생물광자도 인체의 상태를 반영하는 하나의 지표로 활용될 수 있음을 알 수 있다. 한편 2009년 고바야시 교수는 저온 ICCD 사진기를 이용한 이차원 생물광자 영상연구를 통해 일주기성이 있다는 점을 확인하였다⁶¹. 그가 얻은 일주기성 경향은 2007년 이등의 논문에서 제시한 일주기성 경향과는 일치하지는 않았다. 다만, 생리리듬에서 일반적으로 발견되는 일주기성이 생물광자의 한 특징임에 비추어 생물광자도 생리현상의 일부일 가능성을 암시할 수도 있다. 최근 카이로프랙틱 전후 생물광자 측정 결과의 양자통계 분석을 통해 유의미한 변화를 관찰하여 치료효과에 대한 진단기기로서의 가능성을 확인하였다³¹. 저장도광치료는 ATP 생성을 가속화시키며 산화스트레스를 완화시키는 효과가 있다고 알려져 있는데 치료 후 효과검증을 생물광자의 측정을 통해 할 수 있는 가능성에 대한 연구가 발표되었다⁶². 따라서 초기 실험인 편측 마비 환자에 대한 침치료 전후 비교 실험이나 위에서 언급한 카이로프랙틱, 광치료 전후의 생물광자를 측정함으로써 치료효과의 객관화 및 정량화를 통해 한의학 치료법의 발전이나 응용 치료법 개발을 시도할 가능성이 있다.

3) GDV의 한의학적 진단적용

킬리언 사진기에 CCD와 같은 현대 디지

털 기술을 부가하여 사용 및 기초 데이터 분석의 편리성을 높인 GDV의 결과 해석은 기본적으로 한의학의 경락 이론에 기반하고 있다고 그의 저서에서 명백히 표현되어 있다. 맨델(Mandel)은 그의 저서를 통해 GDV 영상과 경락계의 성질간의 관계를 밝혔다⁶³. 경혈점은 주위 비경혈점에 비해 더 밝게 빛날 뿐만 아니라 그 특정 점의 세기는 보사상태와 상관관계가 있다고 한다. 그는 손가락 끝의 각 부분은 특정장기와 장기계와 에너지 적으로 연결되어 있다는 개념을 제안하였는데(1986) 코로트코프교수 팀에 의해 임상적으로 증명되었다³⁴. 그들에 의하면 손가락 GDV를 통해 장부 상태를 볼 수 있으나 장부에 문제가 있을 경우만 이에 상응하는 현상이 GDV를 통해 보인다고 한다. 즉, 문제가 생긴 장부에 대해서만 GDV를 통해 진단할 수 있다는 것이다. 전기적 코로나 방전에 의한 빛은 각 10 개의 손가락에서 측정하는데 이 손가락은 인체의 12 경락의 전기적 종착점 역할을 한다. 복잡한 수학적 계산을 통해, 손가락 끝 부분 영상의 크기, 형태, 강도 그리고 특이점에 대한 특성 파악을 하게 된다. 이 계산은 에너지 경락 원리에 부합되는 각 장기와 인체 상체를 반영하는 손가락 끝 영상의 영역이나 부분의 분석에 사용된다. 또한 킬리언 사진기는 Electro Acupuncture according to Voll(EAV)과 여러 면에서 유사하다³⁴. 양자 모두 전위차를 유발하여 발생하는 전류량을 측정하는데 그 결과는 생리 상태와 상관이 있음이 밝혀졌다. Voll은 손가락의 각 부분과 이에 해당되는 경락과 이에 따른 장부 간의 관련성을

정의했는데 이 상관성 역시 GDV에도 적용된다. 양자 모두 약간의 전압을 혈자리에 걸어주고 나서 측정된 전기에 따라 진단으로 쓰고 있다. 특정 생리적 변화들은 피부의 전기전도도에 영향을 미쳐 그 저항치의 변동을 야기한다. 이 변동은 여러 가지 방법으로 측정이 가능한데 이를 이용하여 심리학이나 범죄학에서 거짓말 탐지에 사용되기도 한다. 이 변동은 전침치료나 연구에도 적용된다. 이 변동은 손가락 끝과 발가락 끝에서 가장 명백하다. 따라서 손가락 끝의 전기저항을 측정함으로써 여러 상태를 상대적으로 용이하게 파악할 수 있다. 이런 의미에서 GDV의 손가락 끝 측정은 일리가 있다고 할 수 있다. 실제적인 GDV 신호의 한의학적 해석은 측정에 의해 얻어진 각 손가락의 GDV 정보들을 Sector 평가와 특정장기와 계와 비교하는 것의 근거는 경락계와 한국의 수족침을 기반으로 하고 있다³⁴⁾. 국내에 본격적으로 GDV가 소개된 것은 2001년 국내에서 개최된 한 심포지엄에서 코르트코프교수가 "킬리안 효과를 이용한 새로운 도구 GDV 출현"에 대해 강연한 이후이다⁶⁴⁾. 이 후 몇몇의 한의원이나 연구자들이 이 기기를 이용하여 상기의 실험들을 행하였으나 그 결과가 자세히 학계에 알려진 바가 없는 듯하다. 최근 국내연구로는 주열요법, 발반사요법, 향기요법 실시 전후의 GDV 변화를 관찰하여(전주대학교) 진단기기로서의 가능성을 확인하였으나⁶⁵⁾ 아직까지 한의학계에서 본격적으로 연구의 주제로 삼고 있지 않은 듯하다.

GDV의 임상적용은 대부분의 나라에서

공식적으로 허용되지 않고 있다. 그의 논문에서도 밝힌 바와 같이 현재까지 GDV를 의료용진단기기로 승인한 국가는 러시아뿐으로³²⁾, 연구자 중심으로 그 임상 적용 가능성에 대한 실험이 행해지고 있다. 생물광자의 경우 실험실에서 인체 생명광자를 측정하거나 소규모 실험을 통한 증례보고 수준에 있으며 본격적인 임상 시험이 실시된 적이 없다. 따라서 두 측정기기 모두 객관적인 체계적인 임상 시험이 임상적용에 앞서 실시되어야 한다. 반면에 DITI는 의료기기로서 유방암과 같은 특정 질환에 보조적인 진단기기로 사용되고 있으며, 타 질환 적용 가능성은 계속 연구가 진행되고 있다. GDV와 생물광자 간의 연관성은 GDV 연구자 측에서 자주 주장되어 왔다. GDV 신호 중 특정 잡음은 인체 내 강한 생리작용에 의한 것으로 피검자의 상태를 알려준다고 한다. 생물광자에 의해 주위의 공기 분자가 이온화되고 증폭되어 육안으로 감지할 정도로 증폭됨으로서 이 잡음이 검출된다고 한다. 따라서 암실이나 PMT 없이 GDV의 잡음 분석을 통해 생물광자에 대한 연구도 할 수 있다고 주장한다. 이와 같은 이유로 사진에서 본 바와 같이 GDV 연구자가 생물광자를 연구하는 경우가 자주 있다. 그러나 인체에서 방사되는 생물광자의 매우 낮은 세기를 고려하면 비록 있다하더라도 그 영향은 거의 무시할 수 있을 수준이라고 추정한다. 즉, 적외선, 생물광자 및 GDV간의 발생기전 측면에서의 상호 연관성은 거의 없는 것으로 생각할 수 있다. 그러나 그들 간의 임상적 관련성에 대해서는 아직 연구된 바가

없으므로 어떠한 결론을 내릴 수 없다. 이 모든 측정의 해석은 전체주의에 입각한 생명관을 기본으로 하고 있으며, 좌우 균형을 중요하게 여긴다. 또한 상기 방법론의 고안자 및 연구자들이 불명확하지만 한의학적 관련성을 주장하고 있다. 따라서 한의학 연구를 위한 새로운 방법론을 모색한다는 측면에서 이 세 가지 진단법들의 임상적 관련성 연구는 가치가 있다고 생각한다.

IV. 結 論

인체에 의해 발생하는 전자기파를 이용하여 인체 상태를 진단하는 수단인 적외선 영상, 생물광자, GDV 방법을 기초연구 측면에서 기작 및 사용법에 대해 간략하게 정리하였다. 또한 연구자나 임상적용자들을 위해 각 진단법의 장단점을 최근 논문을 참조하여 한의학적 관점에서 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 적외선 영상진단은 임상에서 많이 사용되는 진단방법이지만 특정질환 진단등과 같은 활용성면에서 개선할 여지가 많다.
2. 적외선 영상결과에 따라 제안된 간접구에 의한 경락활성현상은 보다 엄격한 실험방법론 적용을 통해 추가 확인이 필요하다.
3. 생물광자와 GDV는 적외선에 비해 기전 연구가 매우 부족하며 임상연구가 미진하다. 특히 생물광자는 체계적인 기초 임상 연구가 이루어지지 않았다.
4. 생물광자는 적외선 영상과 유의한 상관관계가 없으며 일주기성을 가지고 있다.

5. GDV와 생물광자간의 상호관계는 거의 없는 것으로 추정된다. 이 기기는 러시아에서만 의료기기로서 승인을 받은 장치로, 병증 진단을 위한 체계적인 임상연구가 필요하다.
6. 삼자간 발생 기전간의 상관관계는 없는 것으로 추정되나 임상적 상관관계의 규명은 필요하다.

參 考 文 獻

1. 홍원식 편집. 황제내경소문. 서울 : 동양의학연구원 출판부. 1981.
2. Fowles, Grant. Introduction to Modern Optics 2nd ed. NY, USA : Dover Publications. 1989.
3. Keaveny TM. Biomechanical computed tomography-noninvasive bone strength analysis using clinical computed tomography scans. Ann N Y Acad Sci. 2010 ; 1192(1) : 57-65.
4. 김이화, 박동석, 안병철. 적외선 체열 촬영법의 기전과 (機轉) 진단적 가치에 대한 문헌적 고찰. 대한침학회지. 1995 ; 12(1) : 188-203.
5. Gurwitsch AA. A historical review of the problem ofmitogenetic radiation. Experientia. 1988 ; 44 : 545-50.
6. Popp FA. Biophotons. Background, experimental results, theoretical approach and applications. Res. Adv. Photochem. & Photobiol. 2000 ; 1 : 31-41.
7. Bundzen PV, Korotkov KG, Unestahl LE.

- Altered states of consciousness: review of experimental data obtained with a multiple techniques approach. *J Altern Complement Med.* 2002 ; 8(2) : 153-65.
8. Bell IR, Lewis DA 2nd, Brooks AJ, Lewis SE, Schwartz GE. Gas discharge visualization evaluation of ultramolecular doses of homeopathic medicines under blinded, controlled conditions. *J Altern Complement Med.* 2003 ; 9(1) : 25-38.
 9. Kimio Otsuka and Tatsuo Togawa. Hippocratic Thermography. *Physiol. Meas.* 1997 ; 18(3) : 227-232.
 10. LAWSON R. Implications of surface temperatures in the diagnosis of breast cancer. *Can Med Assoc J.* 1956 ; 75(4) : 309-11.
 11. Cameron J, Skofronick J. *Medical Physics.* New York, USA : John Wiley & Sons. 1978.
 12. McLean, R. *Thermography: technology brief.* Montreal: Conseil d'Evaluation des Technologies de la Santé. 1999.
 13. 박영재, 박영배. Thermography의 연구현황과 전망. *대한한의원진단학회.* 1999 ; 3(2) : 18-26.
 14. Gore, J, Xu L. Thermal Imaging for Biological and Medical Diagnostics. In: Tuan VD (ed) *Biomedical Photonics Handbook.* Bellingham, USA : CRC Press. 2005.
 15. Kochevar I, Pathak MA, Parrish JA. Photophysics, photochemistry, and photobiology. New York: McGraw-Hill. 1999.
 16. 권기록, 고희균. 적외선 체열 측정 형상의 한방 임상 응용을 위한 표준화 연구. *대한침구학회지.* 1996 ; 13(2) : 1-22.
 17. 김종문. 적외선 체열촬영의 실제적 임상 활용. *대한한의원진단학회지.* 2000 ; 4(1) : 32-42.
 18. Popp FA. Biophotons. Background, experimental results, theoretical approach and applications. *Res. Adv. Photochem. & Photobiol.* 2000 ; 1 : 31-41.
 19. Devaraj B, Usa M, Inaba H. Biophoton: ultraweak light emission from living systems. *Current Opinion in Solid State and materials Science.* 1997 ; 2 : 188-93.
 20. Popp, FA, Ruth B, Bahr W, Bohm J, Grass, P, Grolig G, Rattemeyer M, Schmidt HG, Wulle P. Emission of visible and ultraviolet radiation by active biological systems. *Collective Phenomena.* 1981 ; 3 : 187-214.
 21. Popp, FA, Chang JJ, Herzog A, Yan Z, Yan Y. Evidence of non-classical (squeezed) light in biological systems. *Physics Letters A.* 2002 ; 293 : 98-102.
 22. Inaba, H. Ultraweak biophoton imaging and information characterization. In: T. Sueta and T. Okoshi(eds.) *Ultrafast and Ultra-parallel Optoelectronics.* Tokyo, Japan : John Wiley and Sons. 1995.
 23. Inaba H, Shimizu Y, Tsuji Y, Yamagishi A. Photon counting spectral analyzing

- system of extraweak chemi- and bioluminescence for biochemical applications. *Photochem. Photobiol.* 1979 ; 30 : 169-75.
24. Bagchi D, Hassoun EA, Bagchi M, Stohs SJ. Chromium-induced excretion of urinary lipid metabolites, DNA damage, nitric oxide production, and generation of reactive oxygen species in Sprague-Dawley rats. *Comparative Biochemistry and Physiology.* 1995 ; 110C(2) : 177-87.
25. Popp FA. Properties of biophotons and their theoretical implications. *Indian J Exp Biol.* 2003 ; 41(5) : 391-402.
26. Creath K, Schwartz GE. Biophoton images of plants: revealing the light within. *J Altern Complement Med.* 2004 ; 10(1) : 23-6.
27. Takeda M, Kobayashi M, Takayama M, Suzuki S, Ishida T, Ohnuki K, Moriya T, Ohuchi N. Biophoton detection as a novel technique for cancer imaging. *Cancer Sci.* 2004 ; 95(8) : 656-61.
28. Wijk RV, Wijk EP. An introduction to human biophoton emission. *Forsch Komplementarmed Klass Naturheilkd.* 2005 ; 12(2) : 77-83.
29. Private communication with Van Wijk. Seoul Korea : SAMS 2009.
30. Jung HH, Woo WM, Yang JM, Choi C, Lee J, Yoon G, Yang JS, Soh KS. Photon counting statistics analysis of biophotons from hands, *Indian Journal of Experimental Biology.* 2003 ; 41 : 446-51.
31. Hossu M, Rupert R. Quantum events of biophoton emission associated with complementary and alternative medicine therapies: a descriptive pilot study. *J Altern Complement Med.* 2006 ; 12(2) : 119-24.
32. Korotkov KG, Matravers P, Orlov DV, Williams BO. Application of electrophoton capture (EPC) analysis based on gas discharge visualization (GDV) technique in medicine: a systematic review. *J Altern Complement Med.* 2010 ; 16(1) : 13-25.
33. Lee ES, Foust CM. Sparking process studied with Lichtenberg figures. *General Electric Review.* 1927 ; 30(3) : 135.
34. Korotkov Constantin, *Aura and Consciousness: New Stage of Scientific Understanding*, Saint-Petersburg, 2nd revised edition, St. Petersburg division of Russian Ministry of Culture, State Editing & Publishing Unit "Kultura". 1998.
35. Seung-Ho Yi. Relation between human biophoton and other biosignals *Proc. of Measuring Energy Fields.* Kamnik, Slovenia. 2007 ; Oct : 13-4.
36. Dumitrescu I. *Electrographic Imaging in Medicine and Biology*, United Kingdom : Neville Spearman. 1983.
37. Private communication between Seung-Ho Yi and Katja Vrhovnik, Tunjice, Slovenia : Natural Healing Resort.

38. Merla, A., Romani, G.L. Functional infrared imaging in medicine: a quantitative diagnostic approach. *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 2006 ; 1 : 224-7.
39. Saxena, A.K., Willital, G.H. Infrared thermography: experience from a decade of pediatric imaging. *Eur. J. Pediatr.* 2008 ; 167 : 757-64.
40. Yang, H., Xie, S., Lu, Q., Lu, Z. Human infrared thermal imaging technology and its clinical applications. *Chinese Optics Letters.* 2005 ; 3(S1) ; S170-S2.
41. Ng, E.Y., Fok, S.C., Peh, Y.C., Ng, F.C., Sim, L.S. Computerized detection of breast cancer with artificial intelligence and thermograms. *Journal of Medical Engineering & Technology.* 2002 ; 26 : 152-7.
42. 허준, 최승훈, 안규석, 문용전. 체간 전면의 적외선체열영상에 관한 연구. *대한한의학회지* 1993 ; 14(2) : 180-204.
43. 김완희 한의학적 한열 발생기전. *대한한의원학회지.* 2000 ; 4(1) : 19-31.
44. 이상훈, 이재동, 이윤호. 적외선 체열 촬영을 이용한 정상인의 합곡혈 (合谷穴) 자침시 피부온도변화관찰. *대한침구학회지.* 1996 ; 12(2) : 49-54.
45. 조남근, 김정식. 요추 추간판탈출증의 (椎間板脫出症) 전침치료와 단순 자침치료시 적외선체열촬영상의 임상비교연구. *대한침구학회지.* 1997 ; 14(1) : 21-30
46. 김희권, 김동민, 하선운, 고형균, 남상수, 김용석. Bell's Palsy 환자에서 두면부 경혈의 적외선 체열촬영의 활용. *대한침구학회지.* 2007 ; 24(6) : 105-11.
47. 류재관, 이순걸, 임성수, 이재동, 민병일, 류운영. 적외선 영상 처리를 통한 Formalin Test 통증 모델에서의 염전 침자극 효과에 대한 연구. *대한침구학회지.* 2004 ; 21(2) : 223-33.
48. 진경선, 임태형. 김종욱, 최성용, 황우준, 도금록 등. 체침과 동씨침을 시행한 요각통 환자 38례의 임상고찰 (적외선체열촬영으로 치료효과 비교). *대한침구학회지.* 2003 ; 20(2) : 204-14.
49. 박영철, 채진석, 엄재용, 손성세, 최익선. 적외선 체열 촬영을 이용한 중풍 편마비 환자의 합곡혈 일반 자침시와 심자시 피부온도변화 관찰. *대한침구학회지.* 2003 ; 20(4) : 134-44.
50. Schlebusch KP, Maric-Oehler W, Popp FA: Biophotonics in the infrared spectral range reveal acupuncture meridian structure of the body. *J Altern Complement Med* 2005 ; 11(1) : 171-3.
51. Litscher G. Infrared thermography fails to visualize stimulation-induced meridian-like structures. *Biomed Eng Online*, 2005 ; 4 : 38.
52. Litscher G.. "Meridian-like channels" in dead human subjects?: A negative result. *The Internet Journal of Alternative Medicine.* 2007 : 4(1).
53. Kim TJ, Nam KW, Shin HS, Lee SM, Yang JS, Soh KS. Biophoton Emission from Fingernails and Fingerprints of

- Living Human Subjects. Acupuncture and Electrotherapeutics Research, Cognizant Communication Corp. 2002 ; 27 : 85-94.
54. Jung HH, Yang JM, Woo WM, Choi CH, Yang JS, Soh KS. Year-long biophoton measurements, J. photochem. photobiol. B: Biology. 2005 ; 78 : 149-54.
55. Yang JM, Jung HH, Woo WM, Yi SH, Yang JS, Soh KS, et al. Correlation of biophoton emission between left and right hands, and palm and back of hands. Hankook Kwanghak Hoeji, Optical Society of Korea. 2004 ; 15(4) : 355-60.
56. Jung HH, Woo WM, Yang JM, Choi C, Lee J, Yoon G, et al. Left-right asymmetry of biophoton emission from hemiparesis patients. Indian Journal of Experimental Biology. 2003 ; 41 : 452-6.
57. Lee C, Yang JM, Yi SH, Cho HJ, Kang MJ, Yang JS, et al. Biophoton emission from patients with a cold, J. International Society of Life Information Science. 2004 ; 22(2) : 362-5.
58. 이승호, 김진수, 박희준, 양준모, 소광섭, 임사비나. 인체에서 방사되는 생물광자(生物光子)에 대한 소고. 대한한의학회지. 2006 ; 27(1) : 57-77.
59. Seung-Ho Yi. Daily variation of human biophoton Proc. of Measuring Energy Fields. Kamnik, Slovenia. 2007 ; Oct : 13-4.
60. Cifra M, Van Wijk EP, Koch H, Bosman S, Van Wijk R. Spontaneous Ultra-Weak Photon Emission from Human Hands Is Time Dependent. Radioengineering. 2007 ; 16(2) : 15-9.
61. Kobayashi M, Kikuchi D, Okamura H. Imaging of ultraweak spontaneous photon emission from human body displaying diurnal rhythm. PLoS One. 2009 Jul 16 ; 4(7) : e6256.
62. Tafur J, Van Wijk EP, Van Wijk R, Mills PJ. Biophoton detection and low-intensity light therapy: a potential clinical partnership. Photomed Laser Surg. 2010 ; 28(1) : 23-30.
63. Mandel P. Energy Emission Analysis; New Application of Kirlian Photography for Holistic Medicine. W. Germany : Synthesis Publishing Co.. 1986.
64. Korotkov K. 킬리안 효과를 이용한 새로운 도구 GDV 출현. 서울 : 제5회 추산국제신과학심포지엄 2001.
65. 송미장, 김현. NCCAM 분류기준에 따른 수기 및 신체기반 영역 요법 (주열요법과 발반사요법의 GDV를 이용한 효과 검토. 서울 : 한국정신과학학회 제31회 추계학술대회. 2009.