

## Far-Infrared의 발전사와 물리치료 적용에 대한 연구

대구대학교 대학원 물리치료전공

김 재 윤

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

박 래 준

청주과학대 물리치료과

박 영 한

## A Study of Far-Infrared History and Application to Physical Therapy

**Kim, Jae-Yoon, P.T.**

*Physical Therapy Major, Graduate School of Taegu University*

**Park, Rae-Joon, P.T., Ph.D.**

*Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Taegu University*

**Park, Young Han, P.T., M.S.**

*Department of Physical Therapy, Chong-ju National College of Science and Tech.*

### <Abstract>

The Sun's ray is composed of Infrared(49%), Visible light(40%) and Ultra violet(11%), however the ray getting to the earth is FIR(60%), IR(20%), and UV(20%). Human beings has utilized FIR already from time immemorial. Hershel found out Infrared for the first time, in the Industrial Revolution the Infrared and FIR had been begun to use making products. In asia, also, asian already has made use of FIR to treat the body, product things and make warm the house in the winter, as it had been called Wull therapy, fermentation, and On-Dol system. In these days, with contemporary science FIR would be begun to clear up the implication in the human body and organic compounds. IR classified by wavelength three parts NIR, MIR, FIR. There is FIR which is radiated from healthy human body the wave length is 8-14 m. It is difficult to standardized the wavelength of IR, since each related associations have a different

opinion, so we suggested ideal IR wavelength and biological, phsiotherapical, medical FIR wavelength.

### I. 서 론

원적외선(Far-infrared, 이하 FIR)은 생체에 대하여 가온효과, 혈행촉진, 대사기능증진, 발한촉진, 진통효과 및 그밖에 여러 생리생화학적, 그리고 유기화학적인 생리활성 메카니즘에 대한 연구가 최근 보고되고 있다(Ku

Young Jung과 U-Hyon Paek, 2000). 적외선은 1800년 F.W.Hershel이 가시광선보다 열효율이 좋고 온도를 상승시키는 효과가 있음을 처음으로 발견한 이래 1835년 A.Amper가 가시광선의 적색파장대보다 장파장의 성질을 갖는 빛을 적외선이라고 명명하였다. 이러한 적외선 중에서 반사의 성질을 갖는 것은 근적외선(Near

infrared, 이하 NIR)이고, 흡수의 성질을 가지는 것은 복사선을 FIR, 또는 0.76에서 1000마이크로 사이의 파장 영역을 FIR이라고 1835 A.Amper는 명명했다(정구영과 백우현, 1998; 2000). 적외선과 원적외선 에너지를 산업적으로 처음 이용한 것은 1938년 미국 포드 승용차의 도장 건조에 사용한 것이 시초이다. 19세기이후 신소재가 개발되었는데, 이것은 1960년대 미국우주항공우주국(NASA)에서 최초로 개발하여, 우주선 및 우주복, 산업기기, 의료기기 및 생활용품의 소재로 다양하게 이용되고 있다(高嶋廣夫, 1988; 지철근, 2000). 이에 따라 최근 제약분야는 물론, 생명공학기술에 FIR을 이용하고 있으며, 반도체공정 등등 많은 부분에 사용되어지고 있다(高嶋廣夫, 1991). 따라서 본 연구에서는 지금까지 어떻게 FIR을 이용해왔는지를 알아보고, 의료적으로, 물리치료적으로 앞으로 어떻게 발전되어져야 하는지를 소개하였다.

## II. FIR의 발견과 그 이용

지구상에 살고 있는 생물체는 직접적으로, 간접적으로 태양의 복사에너지를 받아서 움직이고 생명을 유지할 수 있다. 인간은 지금으로부터 약190여년 전에 이 태양광선속에 사람눈에 보이는 일곱가지색의 광선과 자외선 이외에 적외선이라는 눈에 보이지 않는 또 다른 신비의 광선이 있다는 것을 발견하게 되었다. 또 태양광선 가운데 대부분이 열에너지를 공급한다는 것도 바로 이 IR이라는 것을 알게 되었으며 일단 적외선의 존재가 알려진 후 과학기술의 급진적인 발달로 전파분광계, 적외선 온도계, 적외선 흡수작용 분광계 등이 개발되었고, 이에따라 NIR, MIR, FIR의 특징이 점점 알려지게 되었으며, 이들이 인간생활에 유익한지를 인식하게 되었다(최태섭, 1999). 인간이 불을 이용하여 외환을 막고, 무서운 짐승의 침습을 방어했으며, 날 음식을 익혀 먹을 불 알았고, 불을 사용하는 과정에서 신체의 일부분이 불을 쬐임으로서 동통이 경감된다는 것을 알아내게 되었다. 그후로 점차 짐승의 껍질, 나뭇가지, 돌맹이 등을 불에 달구어 신체일부분에 대고, 문질러, 환부를 달구므로써 구법과 울법이 생겨나게 되었다. 또한 여러 가지 공구가 만들어져 의료용으로 쓰이게 되었는데, 펌석, 풀침, 축침 등이 이에 해당된다. 이에 비로소 침법과 구법이 싹트게 되었는데, 울법은 다리미 울과 법 법자를 합하여 울법이라 한다

(조한구와 엄기양, 1997). 돌맹이나 모래 등으로 문지르는 울법은 사용하기가 번거로워서 울법치료가 사라졌다가 최근에는 이러한 울법치료가 기와나 돌맹이를 달궈서 치료하던 민간요법을 과학화하여, 의학적으로 치료효과를 검증 받아 이용하고 있다. 동서고금의 예를 볼 때, 지금까지 산업적으로 그리고 의학적으로 이용되어지는 FIR의 파장은 주로 3.0-30마이크로이며 50-1,000마이크로 파장대의 FIR은 거의 사용하지 않고 있다(馬田義行, 1988).

동의보감에서는 按摩와 導引의 법과 養生의 要訣편에 옛부터 스스로 물리치료를 자기몸에 적용시켜 평소에 몸을 보하고 보익하는 것으로 수록되어져 있고, 또한 이러한 작용의 과정에서 인체의 FIR을 적극적으로 끌어 내어 사용하는 방법이 나와 있음은 놀라운 일이다. 복부를 찌우는 경우와 복부를 따습게 하는 경우로 기술되어 각각의 내과적인 질병에 또는 질병方劑를 위하여 사용되어진 것으로 기록되어 있다. 탈항의 경우에도 사용되어진 기록이 있는데, '여인이 脫肛 되어 쌀뜸물로 肛門을 씻고, 기왓장을 불에 적당히 따뜻하게 구운 뒤, 靑布를 그 위에 깔고 앉게 하였더니 肛이 스스로 들어왔다.'는 것은 우리 조상들이 옛부터 부지불식간에 FIR을 이용하고 있었다는 기록이 남아있다. 자연의 FIR근원을 이용하는 방법도 기술하고 있는데, FIR 방사매개체로주사, 운모, 활석 등을 주로 이용하였다(東醫寶鑑).

## III. Far-Infrared의 정의와 파장의 구분

물건의 색깔이나 구별하여 알아볼 수 있는 것은 태양으로부터 오는 빛이 있기 때문이다. 태양광선중에는 사람이 볼 수 있는 가시광선은 스펙트럼으로 분광할 때 나타나는 빨강, 주황, 노랑, 초록, 남색, 보라의 일곱가지 뿐이다. 빛중에는 파장이 너무 길거나 짧아서 육안으로는 보이지 않는 비가시광선도 있다. 보라색보다 파장이 더 짧은 비가시광선으로는 자외선, x-선, γ-선이 차례로 있다. 그리고 파장이 너무 길어 보이지 않는 빛에는 빨강색을 경계로 적외선이 있는데 이중 파장이 5.6에서 1.00 마이크로 사이의 전자파를 FIR이다(백우현, 1998).

CIE 국제조명용어집(3rd Edit)에 의하면 NIR은 0.74-1.4 마이크로, MIR은 1.4-3마이크로, FIR은 3-1000마이크로로 되어있다. Smith등은 NIR은0.75-1.5 마이크로, MIR은 1.5-15마이크로, FIR은 15-1000마

이크로, PIR(극적외선)은 100-1000으로 분류하였으며, Hudson등은 NIR은 0.75-3마이크로, MIR은 3-6마이크로, FIR은 6-15마이크로, PIR은 15-1000마이크로로 구분하고 있으며, 박래준과 박찬의(1996)는 NIR은 0.77-1.5마이크로, FIR은 1.5-15마이크로로 구분하고 있다. 8-14마이크로 파장의 FIR은 정상적인 인체로부터 방사하는 전방사에너지의 46%를 점유하고 있다(야마자키 도시코, 1987; 백우현, 1998; 지철근 등, 2000). 따라서 물리치료적, 의학적인 측면의 적외선의 구분과 산업적, 전자전기적 측면의 구분이 다르므로 일반적으로 정의내려지는 FIR의 파장대 구분이 일원화되어야 한다. 그리고 그 안에서 의학적, 물리치료적, 생물학적 파장대를 구분지어 주는 것이 시급하다.

#### IV. 태양광과 FIR의 상관성.

태양은 반지름이 약 70만 Km인 고온의 방사체이다. 태양으로부터 지구대기층의 외각까지의 거리는 약1.5억 Km정도이다. 지구를 둘러싸고 있는 대류권은 N<sub>2</sub>(78%), O<sub>2</sub>(21%), Ar, Co<sub>2</sub>, Ne, He의 기체와 이외에 수증기, 매연, 모래먼지 등으로 구성되어 있다. 대기권의 지구상의 높이는 10-15Km 정도라 한다. 태양광의 색온도는 5800K로 태양에너지의 발산곡선은 (Fig. 1)에서와 같이 파장이 0.4마이크로이하인 자외선(X선, 감마선포함)의 성분비율이 11%, 파장이 0.4-0.7마이크로의 가시광선 40%, 파장이 0.7마이크로이상의 적외선 49% 비율로 구성되어 있다(일본전열협회, 1991, 한국광물학회지, 1997).

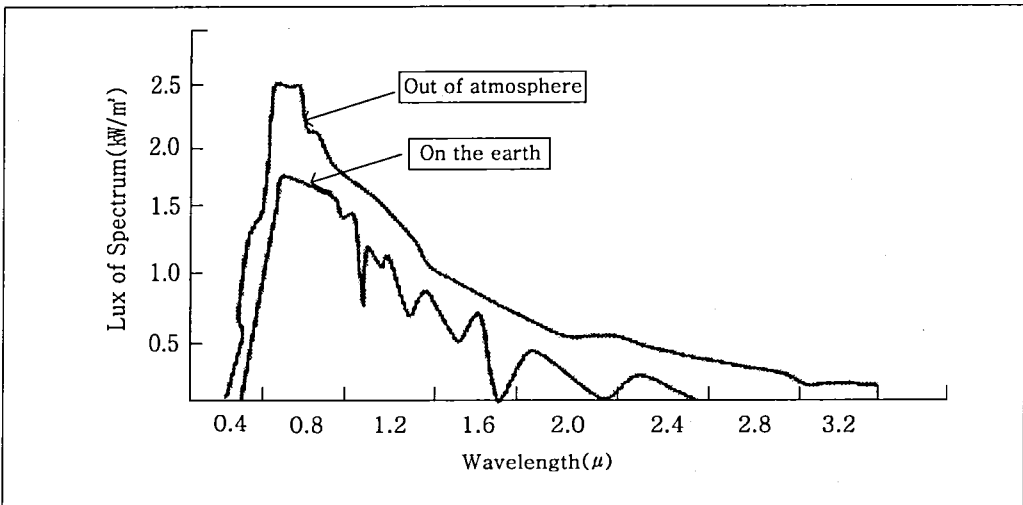


Fig 1. Lux of Sun's ray spectrum on the earth

태양방사는 지구의 대기층을 투과하며 지상에 도달하는 사이 대기에 의한 흡수, 산란 등으로 약20-30%정도 에너지가 감소되는데, 단파장인 자외선(X선, 감마선포함)쪽이 장파장인 가시광선, 적외선 보다 많이 감소된

다. 예를들면 대기에 의한 직사일광의 파장별 대기의 투과율은 (Table 1)에서 처럼 일광이 파장이 짧아질수록 감소율이 많아짐을 알 수 있다(일본전열협회, 1991; 한국광물학회지, 1997).

Table 1. Absorption Rate of Sun's ray, the atmosphere

Wavelength(nm)	Penetration(%)
400	47.5
450	55.3
500	62.4
600	68.2
700	75.2
800	80.1

따라서 태양방사가 대기층을 투과하여 지표에 도달하는 방사에너지는 약 80%가 적외선이다. 이러한 적외선 흡수대를 투과하는 파장영역을 일반적으로 "대기의 창"이라 하며, 이 파장의 적외선에 대하여 대하여 인체는 따스함을 느낀다. (Fig. 2)는 7.5마이크로에서 14마이크

로의 FIR은 대기의 투과율이 높아서 그대로 지표상에 도달한다. 이 파장영역의 FIR은 인체에 매우 좋으므로 생육FIR이라한다. 태양방사에너지에서 파장별로 자외선, 가시광선, 적외선의 특성을 살펴보면 다음과 같다 (지철근, 2000).

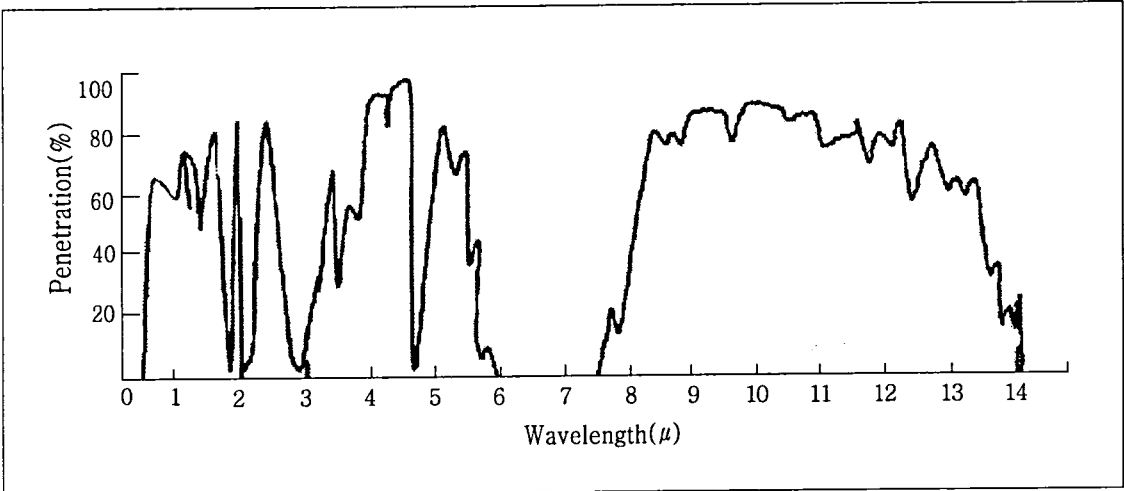


Fig 2. FIR Absorption Rate spectrum, the atmosphere

자외선은 짧은 파장의 자외선은 대기권 외각에서 O<sub>2</sub> 분자에 의하여 흡수되고, O<sub>2</sub>분자의 광해리를 통한 광화학반응으로 O<sub>3</sub>를 생성하는데, O<sub>2</sub>가 흡수하지 못하는 비교적 장파장의 자외선을 O<sub>3</sub>분자가 흡수한다. 생물에 해로운 자외선의 대부분은 O<sub>2</sub>나 O<sub>3</sub>에 의하여 흡수되어 비교적 긴파장의 극히 소량의 자외선이 포함된 가시광선과 적외선 만이 지상에 도달한다. 가시광선은 대기중의 N<sub>2</sub>나 O<sub>2</sub>등 공기 분자에 의하여 흡수됨이 없이 지상에 도달한 뒤, 일부분은 식물의 엽록체, 조류(藻類)등이 흡수하여 광합성에 이용되어 식량을 생산하고, 광감각을 일으킨다. IR은 가시광선보다 긴파장의 IR은 대부분 지상에 도달하여 지표면의 inorganic material system과 organic material system 상호작용을 한다. IR 중에서 상대적으로 짧은 파장의 부위의 IR이 사람에게 흡수되어, 온열감각을 주며, IR을 흡수한 물체에 온도를 상승시키는 온열작용을 하고 있다(정구영과 백우현, 1997; 야마자키 도시코, 1987; IRA, 1983).

공기의 주성분인 N<sub>2</sub>분자(78%)와 O<sub>2</sub>분자(21%)는 적외선을 흡수하지 않으나 다른 수증기분자 H<sub>2</sub>O와 CO<sub>2</sub>분자는 적외선을 흡수하므로 다습의 공기나 CO<sub>2</sub>농도가 크게 오염된 공기의 온도는 적외선흡수로 인하여 상승한다

(지철근, 2000).

## V. FIR과 유기화합물

지구상에 유기화합물은 20만정도인데 이러한 유기화합물의 에너지흡수 파장대는 6-12 마이크로대에 집약되어져 있다. 이것은 인체에서 방사되는 원적외선의 파장이고, 인체가 잘 흡수하는 파장의 흡수대이기도 하다.

진화론적으로 지구상에 도달하는 파장대는 7-14마이크로이므로 오랜세월 유기체들은 이 파장영역에 대하여 감수성이 높은 것은 당연하다(IRA, 1983; 정구영과 백우현, 1997).

인체 피부로부터 방사되는 IR의 파장은 3-50마이크로이며, 이중에서 8-14마이크로의 파장의 IR이 인체로부터 방사되는 전방사에너지의 46%를 차지한다. 인체의 피부는 3.0마이크로, 6.0마이크로, 10.0마이크로, 12마이크로 이상의 FIR 영역에 있는 전자파에너지를 잘 흡수하며, 이러한 파장대의 전자파는 반사되지 않는다. 그렇지만 예외적으로 가시광선은 피부에서 반사한다 (Fig. 3)(지철근, 2000).

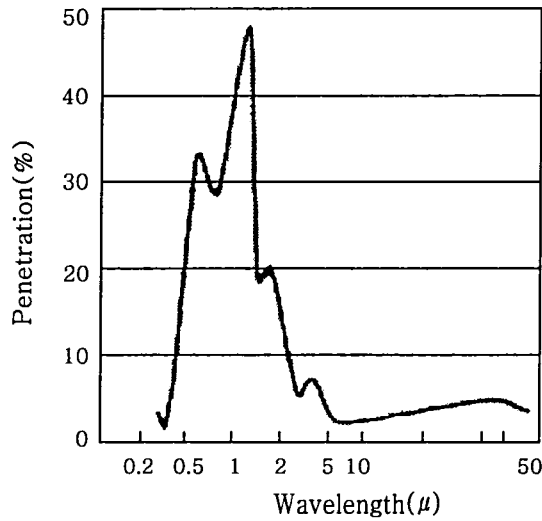


Fig 3. Spectrum Reflection Rate of Skin

### Ⅶ. 물리치료적, 의학적, 생물학적 FIR파장대와 국제적 FIR파장과 복합모델 제시

인체에 대한 침투력(penetration)은 파장의 평방근으로써 아래의 식과 같다.

$$\text{Penetration} = \sqrt{\text{Wave length}}$$

즉, 조사되는 방사에너지의 파장이 4배가되면, 침투력은 2배로 되어 인체에 깊이 들어간다.

그러므로 파장이 짧은 NIR(근적외선)은 파장이 긴 FIR(원적외선)에 비하여 침투력이 떨어진다고(지철근, 서울대, 2000). 그런데 유기체인 인체는 체온이 평균 36.5도씨인 일종의 천연열원으로, 천연의 생물학적 적

외선 방사원이다. 인체의 피부로부터 방사되는 IR의 파장은 3-50 마이크로이며, 특히 8-14마이크로의 파장대를 많이 방사하고 있다(일본전열협회 1991, 정구영, 백우현, 1998, 지철근, 2000).

따라서 정상적인 인체에서 발생되어지는 8-14마이크로대의 파장은 이미 제시한 위의 분류학적 근거에서 보더라도 모두 FIR대의 파장대라는 것을 알 수 있다. 그러므로 이러한 것을 물리치료적, 의학적, 생물학적 FIR파장대이고, 그 이상과 이하의 파장대는 산업적으로 이용하고 분류되어지는 파장대로 구분되어질 수 있다.

포괄적인 개념을 도입하여 기존의 IR의 최소, 최대의 파장을 더하여 나눈 결과 다음과 같이 구분할 수 있다 (Fig. 5).

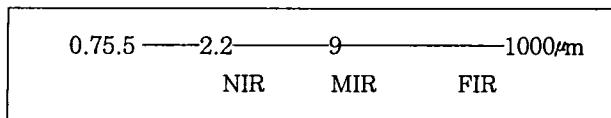


Fig 5. IR Wavelength Region Model

이중에서 인체적, 의학적, 물리치료적, 생물학적 FIR의 파장대는 앞서 제시된 이론들을 절충하고 포괄하여 보면 9-14마이크로 영역으로 결론지을 수 있으며, 이것은 온도와 많은 상관성을 지니는데, 인체의 체온이 36.5

도씨의 정상체온에서 많이 방사되어져 나오는 파장대가 8-14마이크로이므로 위의 제시된 모델에서 MIR과 FIR을 포함한 영역에서 다음과 같이 구분할 수 있다 (Fig. 6).

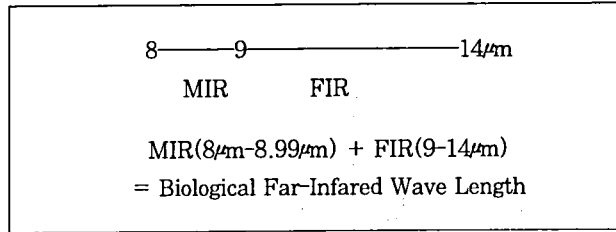


Fig 6. Biological FIR Wave Length Model

## Ⅶ. FIR의 물리치료 적용

태양광선의 약60% 정도가 IR로 이루어져 있어 가장 좋은 IR 및 FIR 복사체이다. 그러나 태양광선의 40%정도는 가시광선과 자외선이 포함되어 있어서 순수한 IR과 FIR의 원천이라 할 수 없다. 따라서 인공적인 원천을 사용하게 되는데 이 인공적인 원천은 크게 두 가지로 나뉜다.

첫째, 빛을 내는 복사체 (luminous radiator)로 고온이며 열등이라 한다. 이것은 IR 과 FIR 이외에 가시광선이 포함되어진다. 둘째, 빛을 내지 않는 복사체 (nonluminous radiator)로 순수한 IR 및 FIR 복사체이다(박래준, 박찬의, 1996). 위 기구들의 예로는 열등, Baker, 전기광선속, 석영적외선램프로 신체에 조사하는데, 이러한 기구로 신체에 생리적인 효과를 주어 치료효과를 얻기 위하여 사용되어진다. 신진대사증진, 노폐물배출증진, 모세혈관확장, 근조직의효과, 식균작용, 등이 생리적인 반응이고, IR과 FIR의 통상적 임상적용의 효과는 동통완화, 근이완, 혈액순환증진, 노폐물제거, 적응증은 아급성외상, 염증, 관절염, 류마티즘, 신경염, 신경통, 등을 목적으로 사용되어지며, 전신치료에서는 신진대사나 순환증진에서 경미한 계통적인 열효과를 위하여 진정효과를 위하여 사용한다(박래준과 박찬의, 1996; 최태섭, 1999) 다른 FIR 방사가열 응용사례는 일상생활용품, FIR조사치료기, FIR전신치료기, FIR방사 Sauna 기기세트 등으로 개발되고 있다(최태섭, 1999).

## Ⅷ. 결 론

최근 KFDA(한국식품의약품안전청)은 FIR을 온열효과를 내는 파장대의 전자파 그리고 빛으로 정의하고 온열치료의 영역에 포함시키고 있다(KFDA, 2001).

FIR의 효과는 이미 태고적부터 부지불식간에 인간의 생활과 밀접한 관계를 가지고 있는 빛으로 인간과 생물들이 외부의 많은 유해인자로부터 돌연변이나 도태하지 않고 생존할 수 있도록 하는 중요한 인자 중의 하나였고, 우리 조상님들의 온돌장치, 장독, 기와, 그리고 의료분야에 있어서도 율법이라 하여 침과 뜸이 나오기 이전에 FIR을 사용하고 있었다. 현재 FIR의 산업적인 응용분야는 매우 다양하고, 또한 단순히 FIR만 사용되어지는 것이 아니라, 여러기술과 접목되어져 사용되어지고 있기 때문에 많은 제품 생산과정에 중요한 공정처리로 인식되어지고 있다. 특히 자동차, 반도체, 식품, 조선공업, 난방, 농업 등 우리일상생활에 부지불식간에 가장 많이 사용되고 있는 유익한 전자파중의 하나이다. 따라서 좀더 FIR에 대한 정확한 이해와 활용방법을 알아야 하겠고, 또한 생물학적 FIR의 파장대를 인식하여 물리치료 및 의학적 이용에 적극적인 매개체로 이용가능할 것이다. 그런데 중요한 것은 단순히 FIR을 인체나 대상물에 적용시켜서 날 수도 있지만, 좀더 효과적으로 응용하기 위해서는 인체의 파장과 같은 FIR의 파장대를 전자파와 같이 변조하여 인체에 동조시키는 기술을 개발하는 것이 더욱 좋은데, 이것은 바로 인체의 DNA, 즉 생체보유정보가 외부의 FIR을 통하여 잘 못된 정보의 오류인식과 수정을 가할 수 있는 매개체가 될 수 있다는 것이다. 그러한 실례로 라디오파를 들수 있는데, 라디오 파의 경우 FM과 AM 변조를 통하여 음성을 실어서 공중에 날려보내면 라디오수신장치가 그 전자파를 받아 다시 음성으로 되돌리듯이 FIR 또한 인체의 정보와 자유자재로 교신할 수 있는 무궁무진한 전자파이며 빛이다. 이러한 방법을 이용하면 좀더 나은 물리치료적인 방법이 나올 수 있으리라 기대된다. 따라서 지금 수행중인 과제는 FIR의 수학적인 모델링과 알고리즘의 규명,생물체에 미치는 영향, 유기체적인 반응의 메카니즘규명 등 FIR과 생체정보인터페이스에 대한 연구를 진행중이다.

## 〈참고 문헌〉

- 박래준, 박찬의 : 광선치료, 대학서림, 1996.
- 허준 : 동의보감.
- 山崎敏子 : 遠赤外線 治療 實際, 1996.
- 馬田儀行 他 : 照明學會誌, 58. 179(1988).
- 지철근 : FIR의 원리와 이용현황, 서울대, 2000.
- 정구영, 백우현 : Far-infrared이 Cell metabolism에 미치는 영향, 1997.
- 백우현 : 天然素材를 이용한 Far infrared 應用技術, 1998.
- 韓國鑛物學會紙, The spectro characteristic of Far-infrared, 1997.
- Ku Young Jung, U-Hyun Paek : Far-Infrared Rays Receptors Presumed Through Possible Therapeutic Mechamism of HPV-Induved Wart with HSR by Moxibution, 2000.
- 日本電熱協會 : 遠赤外線加熱の理論と實際, 1991.
- 高嶋公夫著 : 遠赤外線セラミックスの放射特性と作用效果, 技術圖書版, 1991.
- ROBERT S.ROTH, JENNIFER R.DENNIS and HOWAREF. MCCMURIDE. "Phase 5. Jack D. Graybeal" Molecular Spectroscopy" McGraw-Hill book Company 1988.
- IRA N.LEVINE"QUANTUM CHEMISTRY". ALLYN AND BACON, 1983.
- 高嶋廣夫 : "赤外線放射用 Ceramics", 工業技術, 1988.
- 河本康太郎, 材料科學, 1977.
- 遠赤外線放射 フ ラチナ電磁波のヒト白血球機能及び過酸化脂質:形成反應への影響:丹羽 二: 炎症 Vol11. No.12 1991.
- 조한구, 엄기양 편저, 鍼灸經穴學, 1997.
- 崔泰燮, 韓國遠赤外線産業の現況と展望, 1999.