

생물광자의 좌우 및 손바닥과 손등의 상관성 조사

양준모[†] · 정현희 · 우원명 · 이승호 · 양종수 · 소광섭

서울대학교 물리학부 한의학물리 연구실
⑧ 151-747 서울시 관악구 신림동 산56-1

윤길원

서울산업대학교 전자정보학과
⑧ 139-743 서울시 노원구 공릉2동 172

(2004년 3월 26일 받음, 2004년 6월 15일 수정본 받음)

세 명의 건강한 피험자의 손에서 방출되는 생물광자의 측정을 매주 금요일에 6회씩 일년간 수행하였다. 좌우 손바닥의 생물광자 방출량의 상관계수는 0.9였으며, 좌우 손등의 경우에도 유사하였다. 손바닥과 손등의 상관계수는 평균 0.5로 나왔으며, 이 결과는 장웨이보의 CO₂ 발생률의 상관성과 부합되며, 한의학의 음경과 양경맥의 기능간 상관성으로 해석할 수 있음을 시사한다.

주제어 : biophoton, biocommunication, meridian, palm, back of hand.

I. 서 론

생물체의 세포수준에서 방출되는 아주 미약한 빛으로서 프레트럼이 260-800 nm에 이르는 초미약 빛의 방출(ultra-weak photon emission)을 '생물광자'(biophoton) 방출이라 한다. 이 빛이 세포들 간의 통신에 중요한 역할을 한다는 이론적 연구들을 Gurwitsch^[1], Dicke^[2], Popp^[3], Albrecht-Buehler^[4] 등이 하였다. 세포들 간의 생물광자에 의한 통신을 1926년에 Gurwitch^[5]가 양파 뿌리의 세포분열을 통하여 관찰하였다. 이후 Popp^[6], Shen^[7], Albrecht-Buehler^[8] 등이 세포분열 실험을 통하여 생물광자의 통신 기능을 입증하였다. 생물광자의 방출원(source of emission)은 에너지 대사 과정에서의 활성산소가 중요한 요소라고 보고 있다.^[9] NADH의 산화과정에서 광자가 다량 방출되며 이런 과정에서 미토콘드리아가 생물광자의 주 원천이라고 본다.^[4,10] 한편 미토콘드리아의 에너지 대사에서 중요한 기능을 담당하는 것이 DNA인바, DNA가 생물광자의 주 발생원이며, Popp^[11] 등이 Etidium Bromide를 써서 이에 대한 실험적 증거를 제시하였다. 이들은 DNA가 산화과정의 에너지를 받아 엑시플렉스(exciplex)를 형성한 후 빛을 방출하는데, 이 빛이 양자 결맞음(quantum coherence)을 보인다는 것을 보였다.^[12] 또한 미래 광통신의 중요한 기술로 대두되고 있는 빛의 양자적 압착 상태(quantum squeezed state)를 보여주는 실험 결과들이 나오고 있다.^[13,14]

빛이 생물체 조직을 전파하는 과정은 일반적으로 산란에 의해서 극히 제한되어 있다.^[15] 그러나 생물광자의 경우 열적인 빛보다 훨씬 더 멀리 전파됨이 밝혀진 바 있다.^[11] 또한

세포질의 미세관(microtubule)이 빛을 전파하는 광도파관(optical wave guide) 역할을 한다는 주장도 있다.^[16] 생물광자가 조직간 통신 수단이 되기 위해서 이러한 빛 전파수단이 있다 하여도 인체와 같은 큰 생명체 내의 장거리 통신과 제어 기능에 쓰일 수 있으려면 장거리 통신용 광도파관이 필요하다. 큰 생명체의 장거리 광통신의 존재는 이미 생물의 행태를 연구하는 Presman 등이 주장한 바 있다.^[17] 식물의 경우 씩트는 부위에서 생물광자가 많이 방출되는 실험^[18]과 빛 전파의 관이 실재한다는 보고가 있다.^[19] 인체의 경우 경맥을 따라서 빛의 전파가 잘 된다는 실험 연구가 있었으며^[20,21], 경맥을 광통신 채널로 보는 가설들이 제안되었다.^[22-24] 그러나 이 가설들에서는 생물광자의 개념과 DNA가 없는 단순한 전자기파 통로의 가능성을 고려했다. 최근에 재확인된 봉한학설^[25]의 새로운 연구들에 바탕하여^[26-28] 전신에 퍼져있는 경락과 봉한관 안에 DNA의 알갱이가 흐르고, 생물광자의 결맞음에 의한 양자 생물통신(quantum bio-communication) 모형이 제시되었다.^[29,30]

인체의 전신적(holistic) 통신과 제어를 담당하는 경맥과 광통신의 관계를 현상적으로 입증하고, 임상의학적 진단에 응용하기 위한 연구가 한의학적 경맥이론과 결부하여 점점 관심을 끌게 되었다. 이를 위하여 인체의 피부에서 나오는 생물광자의 연구가 여러 팀에 의하여 진행되고 있다.^[31] Bieske 등^[32]의 연구와 Wallace가 수행한 인간의 의식활동과 생물광자 방출량의 변화^[33], Nakamura 와 Hiramatsu의 연구와^[34], 최준호 등^[35], 김태진 등^[36]의 측정이 있었다. 한의학적 경맥의 관점을 따르면 좌우의 손은 같은 경맥에 의해서 그 기능이 제어되므로 건강한 사람은 좌우 손에서 나오는 생물광자 방출량이 높은 상관성을 가져야 한다. 반면 환자는 좌우 경맥의 균형이 깨어진 상태로 보기 때문에 좌우 상관성이 떨어

[†]E-mail: joonmo1@snu.ac.kr

질 것으로 예상된다. 이런 관점에서 좌우 손의 생물광자 방출량의 상관성을 처음 조사한 것은 Cohen과 Popp 이었다.^[37] 이들은 여성 한 명이 매일 수 개월간 측정하여 주기성을 조사하였다. 환자와 정상인의 경우 생물광자 방출량의 차이를 비교한 것으로 중풍환자에 관한 연구는 정현희 등이 수행한 바 있다.^[38]

좌우 손바닥과 손등의 상관성 연구를 집중적으로 고찰하는 것이 본 연구의 목표인 바, 이는 일년에 걸친 장기간의 측정을 통해 건강인 세 사람의 생물광자 방출의 좌우 상관성을 비교한 점에서 중요한 기본 자료로 활용될 것이 기대된다. 한의학 이론은 표준과학으로 정립되지 않은 학설에 머무르고 있으므로 이를 입증하려는 과학적 연구가 필요하다. 본 연구에서는 이러한 필요성을 고려하여 한의학 이론 중 음/양과 경맥기능 관계를 생물광자 방출의 측정으로 검증하는 시도를 하였다. 한편 한의학 이론에 따르면 한 손의 손바닥과 손등은 각각 음경맥과 양경맥이 지나가고 이들에 의해 제어된다고 한다. 이들 중 손바닥을 비롯한 몸의 안쪽(가슴, 배 등)을 흐르는 음경맥은 수동적이고 안정적이며, 반대로 몸의 바깥쪽을 흐르는 양경맥은 능동적이고 활동적인 속성을 갖는다. 그러므로 음경맥에 비해 양경맥은 경맥활동이 상대적으로 활발하여 둘 사이의 상관성을 떨어질 것으로 예상할 수 있다. 반면 좌우 손바닥(손등)은 동일한 음경맥(양경맥)이 제어하므로 높은 상관성이 기대된다. 이는 서구 생물의학적 관점으로 보는 세포간 빛 통신으로는 설명하기 어렵다. 본 실험에서는 위에 서술한 한의학의 경맥개념과 부합하는 결과가 명백하게 나왔다. 즉 좌우 손의 상관계수는 0.9 정도로 매우 높은 반면, 손바닥과 손등의 상관계수는 0.5로 낮았다. 이러한 생물광자의 방출 상관성은 장웨이보의 CO₂ 발생률의 상관성과도 부합하였다.^[39] 본 연구를 비롯하여 경맥 기능의 상관성에 관한 연구들이 집적되면 한의학의 과학적 입증에도 기여할 것이며, 객관적 진단기 개발에도 응용될 수 있을 것이다.

II. 실험 방법

2.1. 측정실과 기기의 배치

손에서 방출되는 생물광자를 측정하기 위하여 측정자의 컴퓨터 작업 및 피험자 대기를 위한 대기 준비실과 피험자가 측정을 받는 암실(dark chamber)로 구성하였다. 대기 준비실은 온도, 습도, 조명이 제어되었으며, 면적은 33.6 m²이다. 온도는 일년간 22°C로 일정하게($\pm 3^{\circ}\text{C}$) 유지했으며, 이 온도는 사용하는 PMT의 제한 온도 범위가 25°C 이하인 점과, 피험자의 건강상태를 유지하기에 적절한 온도라는 점을 고려하여 결정했다. 12개월간의 계절적 변화에 따라 대기 준비실의 습도는 20%에서 60%까지 변했으나 PMT의 dark count는 14 ± 3 cps로 표준편차 이내의 변화만을 보였다. 그러므로 본 실험에서 습도의 제어는 PMT의 작동에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 손에서 방출되는 생물광자의 양이 극

히 적으로 측정공간의 광차단이 필수적이다. 그러므로 측정공간에 대해 3중의 광차단을 고려하였다. 먼저 대기 준비실은 1차적으로 암실의 역할을 하나 측정자의 작업 및 피험자의 편의와 심리적 안정을 위한 최소의 조명을 사용하였다. 주광색 형광등에 붉은 재생섬유소 필름을 간이 필터로 사용하여 붉은색의 조명이 되도록 하였다. PMT의 양자효율이 650 nm 이상에서 0.5% 이하인 점을 고려하면 PMT에 배경광 영향은 거의 없다. 이외에 모니터에서 방출되는 빛이 있으나, 이 빛도 암실 안에 있는 PMT의 빛 계수에 영향을 미치지 않음을 확인하였다.

광의 엄격한 차단을 위한 2단계로 암실(dark chamber)을 1.7 m × 2.3 m × 2.3 m로 제작했으며, 신호와 전력 수송 용 구멍(직경 5 cm) 외에는 완벽한 광차단이 이루어지도록 했다. 광차단의 3단계는 PMT를 설치한 암상자(dark box)로 재질은 나무이며(28 cm × 33 cm × 42 cm), 완전히 광차단이 되었다. 단, 손이 들어가는 구멍(직경 10 cm)이 전면에 뚫려있다. 빛이 새어 들어감을 막는 광차단 용 천으로 암상자 전체가 덮여 있어, 손으로 들치고 넣도록 하였다. 이 방법으로 PMT입구가 개방되었을 시의 배경 입사량이 PMT 자체

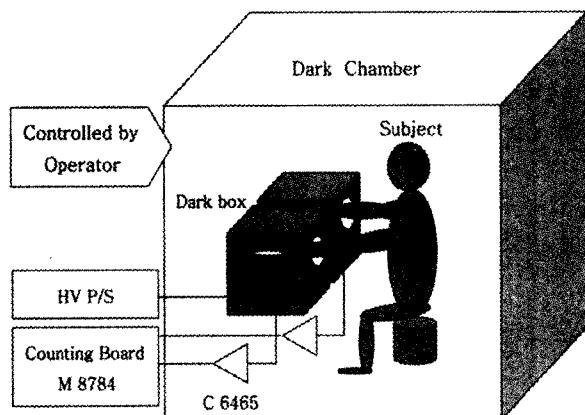


그림 1. 측정실과 기기의 배치.

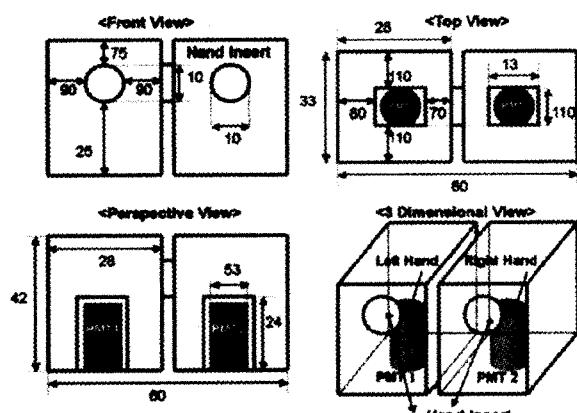


그림 2. 암상자 모식도.

의 dark count와 거의 같은 수준임을 확인하여 100%에 가까운 광차단이 이루어졌음을 신뢰할 수 있었다. 기기는 그림 1과 같이 대기준비실내(암실 밖)의 PC와 monitoring 측정준비 작업 및 체온/혈압/체중 등 측정 장치가 있다. 암실 내에 높이 0.5 m의 책상 위에 암상자 2개가 놓여 있으며, 피험자는 의자에 앉아서 손을 암상자에 넣어 biophoton 방출을 측정하도록 되어 있다.

2.2. 측정기기와 PMT

측정 장치는 PMT와 이를 넣어두는 동일 규격의 암상자(dark box) 2개로 구성되었다. 암상자의 크기와 모양은 그림 2와 같이 높이 42 cm, 가로×세로가 28 cm × 33 cm 이다. 앞면(Front View)에 손을 넣는 입구가 직경 10 cm이며, PMT는 윗면(Top view)에서 보면 중앙부위에 있으며, 아래면에 고정되어 손을 PMT입구에 놓도록 되어 있다. PMT는 Hamamatsu사의 R331-05S 동일모델 2대를 사용했으며, 파장대역은 300-650 nm, 빛을 받아들이는 입구(active area)의 직경은 46 mm이다. 25 °C에서 dark count는 약 13 cps이며, 이면적의 손에서 방출되는 생물광자의 측정치는 대략 80 - 200 cps이므로 PMT의 양자효율(약 25%)을 고려하면 대략 320 - 800 cps가 손(직경 46 mm)에서 방출된다.

2.3. 실험절차

피험자는 흰색가운을 입고, 정전기 방지용 슬리퍼를 신는다. 안경, 시계, 반지, 지갑 등 금속류 소지품을 제거 한다. 암실에 입실하기 전에 에틸알코올로 손바닥과 손등의 측정부위를 깨끗이 닦는다. 이는 화학약품이나 기타 오염물질도 측정 파장대의 빛을 방출할 수 있어 그 영향을 막기 위함이다. 또 햇빛에 의한 지연발광(Delayed Luminescence) 효과를 없애기 위해 대기실에서 한 시간 암적응을 한다. 측정자는 측정 당일(0시)부터는 음주, 약물 등을 복용하지 않으며, 충분한 수면을 취한다. 아침 식사는 하지 않으며, 점심 식사는 12시 30분에 동일한 점심(김밥 1인분 400 g)을 섭취한다. 측정은 매주 금요일 9시부터 17시까지 1시간간격으로 6회 한다. 각 측정은 10분간의 암실내 암적응과 10분간의 생물광자 측정으로 이루어진다. 실험 대상인 3명(sub1, 2, 3)은 다음 시간표에 따라 측정한다.

sub1	10:00	11:00	13:00	14:00	15:00	16:00	(±10 min)
sub2	10:20	11:20	13:20	14:20	15:20	16:20	(±10 min)
sub3	10:40	11:40	13:40	14:40	15:40	16:40	(±10 min)

위와 같이 3명의 피험자가 1회의 측정을 받으면 1시간이 소요된다. 오전에 2회의 측정 후 점심식사를 하며, 식사 후 다시 4회의 측정을 한다. 혈압, 맥박 수, 체온, 컨디션 등의 기록은 점심 전과 후 2회 하였다. 피험자는 3인의 대학원생으로 측정자를 겸하였다.

피험자1(sub1)은 여성으로 나이 32세, 키 158 cm, 체중 53 kg, 피험자2(sub2)는 남성으로 나이 29세, 키 178 cm, 체중 70 kg이며, 피험자3(sub3)은 나이 27세, 키 161 cm, 체중 59 kg이다.

III. 결 과

생물광자 방출의 상관계수를 구하기 위하여 다음 피어슨(Pearson) 공식을 사용하였다.

$$C = \frac{\sum(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

3.1. 생물광자 방출의 좌우 상관성(left and right correlation)

세 명의 피험자(sub1, 2, 3)의 좌우 손바닥에서 나오는 생물광자의 방출량의 상관성은 각각 0.90, 0.85, 0.90으로 상당히 높다. 한편 손등의 경우는 좌우 상관성은 각각 0.88, 0.92, 0.91로 손바닥보다 약간 더 높은 경향이 있다. 이러한 좌우 상관성이 높은 경향은 사람의 건강지표로 쓰일 수 있음을 Van Wijk 등이 지적한 바 있다.^[40] 그림 3은 sub1의 일년간 좌우 손바닥(그림 3a)과 손등(그림 3b)의 방출량의 대칭정도를 보여준다. 손바닥의 경우 일부 몇 측정점을 제외하면 매우 균형된 것을 볼 수 있다. 어떤 종류의 환자의 경우는 이러한 좌우 균형이 심각하게 깨짐을 보이고 있기 때문에^[21] 건강의 지표로 사용될 수 있다.

3.2. 손바닥과 손등의 상관성(palm and dorsum correlation)

동일한 손의 바닥과 등은 생물광자 방출에서 상관성이 상당히 낮음을 보았다. 피험자 sub1, sub2, sub3 각각의 경우 상관계수는 다음과 같았다.

	sub1	sub2	sub3
C(Lp,Ld)	0.53	0.62	0.34
C(Rp,Rd)	0.53	0.72	0.34

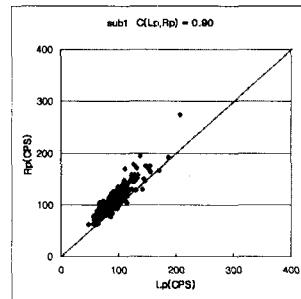


그림 3a

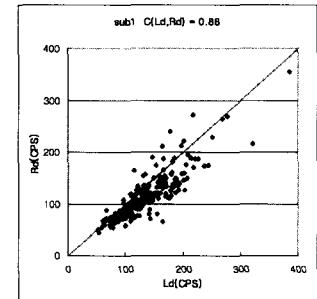


그림 3b

그림 3. 그림 3a(3b)는 sub1의 손바닥(손등)의 좌우 상관관계를 보여 주고 있다. sub1의 경우 좌우 손바닥이 손등보다 약간 더 높은 상관계수를 갖는다. 반영된 자료 수는 각각 255회이다.

sub2의 상관계수는 상당히 높은데 비하여, sub3은 아주 낮음을 보며, 손바닥과 등의 상관성은 개인별 차이가 큼을 보았다.

그림 4a (4b)는 sub3의 원쪽(오른쪽) 손바닥과 손등에 대한 생물광자 방출량의 낮은 상관성을 잘 보여준다. sub3에서 상관성이 낮은 이유는 손바닥의 방출량이 비교적 일정한데 비하여 손등의 방출량은 크게 변하기 때문임을 알 수 있다. 원손과 오른손은 신체상 거리가 멀리 떨어져 있어도 높은 상관성을 보이는 반면, 원손바닥과 원손 등은 신체적 거리가 매우 가까워에도 상관성이 아주 낮은 것은 특이한 관찰 사항이다. 이에 대한 한의학적 논의를 뒤에서 간략히 하겠다.

3.3. 상관성의 시간적 추이

오전 10시부터 오후 5시까지 6회에 걸친 시간대별 상관계수의 추이를 조사하였다. 그림 5의 a, b, c는 각각 sub1, 2, 3의 측정 시간별 상관계수를 보여준다. 각 그림에는 좌우 손바닥(Lp, Rp), 좌우 손등(Ld, Rd), 원손 바닥과 등(Lp, Ld), 오른 손바닥과 등(Rp, Rd)의 상관계수(C)가 그래프로 주어졌다. 세 사람 모두 좌우 상관계수가 0.8 ~ 0.9로 높으나, 손

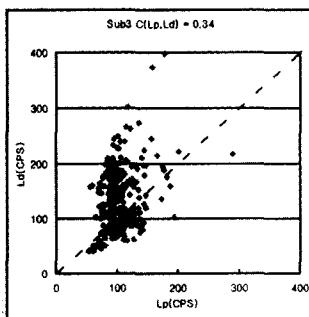


그림 4a

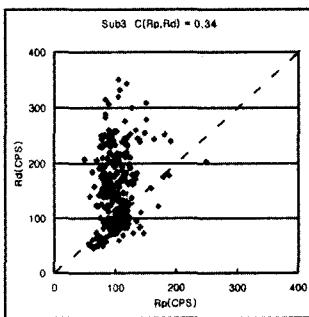


그림 4b

그림 4. 그림 4a(4b)는 각각 원손과 오른손에 대한 sub3의 손바닥과 손등의 상관관계를 보여주고 있다. 원손(오른손)바닥에서 방출된 생물광자량의 표준편차는 27.5(27.3)이고, 원손(오른손) 등에서 방출된 생물광자량의 표준편차는 55.9(72.9)로 손등의 변화폭이 손바닥보다 매우 큼을 알 수 있다. 이러한 특성은 다른 두 피험자에게서도 마찬가지 결과이다. 반영된 자료 수는 각각 268 회이다.

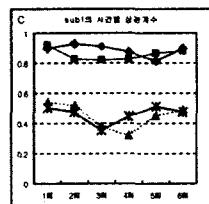


그림 5a

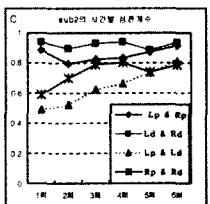


그림 5b

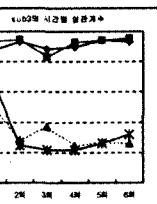


그림 5c

그림 5. sub1, 2, 3에 대한 시간대별 상관계수 추이이다. 좌우의 상관계수는 측정 시간대별로 매우 안정적이나 손바닥과 손등의 상관계수 값은 다소 변하고 있음을 알 수 있다.

바닥과 손등의 상관계수는 낮다. 이것은 6회 모두에서 같은 결과이다. 좌우 상관계수는 비교적 일정한 값을 유지하는데 비하여 손바닥과 손등의 상관계수는 시간에 따라 큰 변화를 보인다. 이외의 특별한 시간적 특성은 없으며, 오전과 오후의 차이도 없다. 개인별로 전혀 다른 양상을 보이는데, 이것이 각 개인의 체질과 어떤 연관이 있는지는 앞으로 더 연구해 볼 가치가 있다고 본다.

IV. 토 의

좌우 손등에서의 생물광자 방출량은 0.9정도의 높은 상관관계를 보였고, 좌우 손바닥의 경우에도 약간 낮으나 거의 같은 수준의 상관관계를 보였다. 이는 세 피험자 모두 좌우 균형이 잘 이루어진 상태임을 보이는 것이다. 환자의 경우 생물광자 방출량의 균형이 깨어짐을 처음 관찰한 것은 Cohen과 Popp 였다^[31]. 그러나 이들은 단 하나의 case 연구만 했을 뿐이었다. 중풍환자의 경우 이러한 균형이 심하게 깨어짐을 관찰한 보고가 있으며^[38], Van Wijk 등은 이를 건강의 지표로 삼을 것을 제안 하였다.^[40]

좌우 손의 생리적 기능의 균형은 한의학에서는 경맥(acupuncture meridians) 기능의 좌우 균형으로 파악된다. 이러한 균형을 객관적으로 측정한 예로 피부 경혈 위치에서 CO₂의 생성 방출량을 조사한 장웨이보의 보고가 있다.^[39] 좌우 동일 경혈에서 상관계수는 0.81이어서 우리의 경우 0.8 ~ 0.9의 경우와 유사함을 보인다. 좌우 손바닥의 중심인 노궁혈간의 생물광자 방출량의 상관계수는 0.77로 보고되어 있으며^[41], 장웨이보의 값과 매우 유사하다. 우리의 경우 상관계수 값이 약간 높은 이유는 손바닥 전체의 넓은 영역을 측정하기 때문일 수도 있다.

한의학적 경맥기능 해석은 CO₂ 방출량의 경우 환자에게서 좌우 불균형이 심한데, 침 자극 후 균형이 회복됨을 봄으로써 인정된다. 침자극은 경맥의 원리에 따라 시술하기 때문이다^[39]. 중풍환자의 경우에도 침 시술을 받은 후 생물광자 방출량의 좌우 균형이 현저히 회복됨을 볼 수 있었다.^[38]

좌우 상관계수가 높은 것에 비하여 손바닥과 손등의 상관계수가 상당히 낮은 것은 매우 놀랄만한 일이며, 이에 관한 보고는 상관성의 시간적 추이에 관한 분석^[42]과 일치한다. 사실 생물광자의 세포나 조직간 통신 이론에 따르면 가까운 조직일수록 상관계수가 높아야 할 것이다. 그러나 우리의 연구 결과는 아주 멀리 떨어진 좌우 손은 놀랄 만큼 높은 상관성을 유지하는 반면에 아주 가까이 있는 손바닥과 손등은 상관성이 현저히 떨어짐을 보았다. 손바닥과 손등의 상관계수의 세 사람 평균은 0.50(원손)과 0.53(오른손)이다. 장웨이보의 CO₂ 방출량에서 표리(表裏)관계의 경혈점 간의 상관계수가 0.65인 것과 비교하면 약간 떨어지지만 유사하다고 볼 수 있다^[39]. 이러한 상관성의 결과는 조직간의 통신이론보다는 원거리 통신과 제어의 이론이 필요함을 말해주며, 한의학의 경맥 이론이 적절한 대안임을 시사한다.

손바닥에 흐르는 3개의 음경맥(수태음 폐경, 수궐음 심포경, 수소음 심경)과 손등의 3개의 양경맥(수양명 대장경, 수소양 삼초경, 수태양 소장경)은 각각 상호 표리의 관계에 있기 때문에 상호 음양의 반대 특성이 있다. 따라서 손등은 양의 특성이 있으므로 생물광자 방출량의 변화의 폭이 심할 것이 예상되는데 그림 4는 이를 극명하게 보여주고 있다. 손등의 생물광자 방출량에서 요동(fluctuation)이 심한 것인가^[43], 무작위적(random) 특성 값의 크기가 큰 것도 양경맥의 특성을 잘 나타내고 있다.

이러한 일련의 측정치의 특성들로 보아 신체의 기능이 경맥에 의해서 전제적으로 제어된다는 한의학적 관점이 객관적으로 정량화 될 가능성이 제시되고 있으며, 생물광자의 방출량은 중요한 진단 가치가 있다. 또한 경맥의 전신적(holistic) 제어 기능은 생물광자의 통신 기능과 연관되어 있을 가능성 을 시사하며, 앞으로 정상인의 더 많은 통계자료와 각종 환자의 자료를 조사할 필요가 있다.

상관성의 하루 중 시간적 변화 추이가 있는지의 조사결과 좌우 상관성은 거의 일정한데 비하여 손바닥과 손등의 상관성은 변화가 심한 것을 보았다. 한의학적으로는 경맥의 유주 시간에 따른 기능 변화가 예상되고, 이의 객관적 측정도 시도된 바 있으나^[39], 본 실험에서는 일정한 규칙을 찾을 수 없었다. Van Wijk은 좌우 상관성이 오전에 높았다가 점차 떨어지는 것으로 보고 했으나^[40], 우리의 경우는 확인되지 않았다. 하루 중 시간적 변화 추이는 생물광자의 방출을 일정 경혈에 좁혀서 측정하는 방안을 강구할 필요가 있다. 이 경우 생물광자 방출량이 미약하여 신호대 잡음비가 높아지므로 측정 장비의 개선이 요구되어 미래의 연구과제로 돌린다.

감사의 글

이 연구는 한국과학재단(R01-2001-000-00023), 산업자원부(A19-02-03과 10005512) 및 과학기술부(NRL,M1-0302-00-0007)의 지원을 받았습니다.

참고문헌

- [1] A. G. Gurwitsch and L. D. Gurwitsch, Die mitogenetische Strahlung (Fischer Verlag, Jena, 1959), pp. 1-115.
- [2] R. H. Dicke, "Coherence in spontaneous radiation processes," *Phys. Rev.*, vol. 93, pp. 99-110, 1954.
- [3] F. A. Popp, Biologie des Lichts (Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 1984).
- [4] G. Albrecht-Buehler, Available from www.basic.northwestern.edu.
- [5] A. G. Gurwitsch, "The mitogenetic radiation," *Ann Physiol*, vol 10, 1934.
- [6] F. A. Popp, J. J. Chang, Q. Gu, M. W. Ho, Bioelectrodynamics and biocommunication (World Scientific Publishing, Singapore, 1994), pp. 293-317.
- [7] X. Shen, W. and Mei, X. Xu, "Activation of neutrophils by a chemically separated but optically coupled neutrophil population undergoing respiratory burst," *Experientia*, vol. 50(10), pp. 963-968, 1994.
- [8] G. Albrecht-Buehler, "Rudimentary form of cellular vision," *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 89(17), pp. 8288-92, 1992.
- [9] M. Kobayashi, M. Takeda, T. Sato, Y. Yamazaki, K. Kaneko, K. I. Ito, H. Kato, and H. Inaba, "In vivo imaging of spontaneous ultraweak photon emission from a rat's brain correlated with cerebral energy metabolism and oxidative stress," *Neuroscience Research*, vol. 34, pp. 103-113, 1999.
- [10] G. Albrecht-Buehler, "Reversible excitation light-induced enhancement of fluorescence of live mammalian mitochondria," *FASEB J.*, vol. 14(13), pp. 1864-6, 2000.
- [11] F. A. Popp, W. Nagl, K. H. Li, W. Scholz, O. Weigartner, and R. Wolf, "Biophoton emission: New Evidence for Coherence and DNA as Source," *Cell Biophys.* vol. 6, pp. 33-52, 1984.
- [12] R. P. Bajpai, "Coherent Nature of the Radiation Emitted in Delayed Luminescence of Leaves," *J. theor. Biol.*, vol. 198, pp. 287-299, 1999.
- [13] F. A. Popp, J. J. Chang, A. Herzog, Z. Yan, and Y. Yan, "Evidence of non-classical(squeezed)light in biological systems," *Phys. Lett A*, vol. 293, pp. 98-102, 2002.
- [14] R. P. Bajpai, "Biophoton emission in a squeezed state from a sample of *Parmelia tinctorum*," *Phys. Lett A*, vol. 322, pp. 131-136, 2004.
- [15] S. H. Park, Light propagation through Human skin (Master Thesis, Seoul National University, 2004).
- [16] M. Jibu, S. Hagan, S. R. Hameroff, K. M. Pribram, and K. Yasue, "Quantum optical coherence in cytoskeletal microtubules: implications for brain function," *Biosystems*, vol. 32(3), pp. 195-209, 1994.
- [17] A. S. Presman, Electromagnetic Fields and Life (Plenum Press, New York London, 1970).
- [18] C. H. Lee, Biophoton imaging system using CCD camera (Master Thesis, Seoul National University, 2004).
- [19] D. F. Mandoli, W. R. Briggs, "Optical properties of etiolated plant tissues," *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 79, pp. 2902, 1982.
- [20] S. Kaznachiev and L. Mochanova, Light from living life and human (Novosibirsk, Russia, 1998), pp. 101-105.
- [21] C. Choi, K.-S. Soh, S. M. Lee, G. Yoon, "Study of Propagation of Light along an Acupuncture Meridian," *Journal of the Optical Society of Korea*, vol. 7, pp. 245-248, 2003.
- [22] B. M. Zhang, "Hypothesis on Meridian Function," *J. Chung Do Medical School*, pp. 70, 1961.
- [23] L. Fei, H. S. Cheng, G. H. Ding, et. al. "Experimental exploration and research prospect of physical bases and functional characteristics of meridians," *Chinese Science Bulletin*, vol. 43, pp. 1233-1252, 1998.
- [24] G. H. Ding, W. Yao, L. Fei ,et. al. "Spectral characteristic of infrared radiations of some acupoint and non-acupoint areas in human arm surface," *Chinese Science Bulletin*, vol. 46, pp. 678-682, 2001
- [25] B. H. Kim, "On the Kyungrak System," *J. Academy of Medical Sciences, DPR Korea*, pp. 3-24, 1963.
- [26] X. Jiang, H. K. Kim, K.-S. Soh, et. al, "Method for

- Observing Intravascular Bonghan Duct," *Korean J. Oriental Preventive Medical Soc.*, vol. 6, pp. 162-166, 2002.
- [27] K. Y. Baik, E. S. Park, K.-S. Soh, et. al, "Histological aspect of Threadlike Structure inside blood vessel," *J. ISLIS* 22(2), 2004.
- [28] K. Y. Baik, J. Lee, B.C. Lee, H. M. Johng, T. J. Nam, B. Sung, S. I. Cho, and K.-S. Soh, "Acupuncture Meridian and Intravascular Bonghan Duct," Key Engineering Materials, (2004) accepted.
- [29] K.-S. Soh, "Bonghan duct and Acupuncture Meridian as Optical Channel of Biophoton," in Proceedings of The first Int. Symposium on Future Issues in Nano-optoelectronics (Seoul), pp. 5-11, 2003.
- [30] K.-S. Soh, "Diagnostic Potential of Biophoton and Bonghan Duct as Wave Guide of Biophoton," Int. Conference on Biophotons and Biophotonics(Beijing, China), 2003.
- [31] S. Cohen and F. A. Popp, "Whole-Body Counting of Biophotons and its Relation to Biological Rythms," in Biophotons(Kluwer Academic Publisher, Bordrecht- Boston-London, 1998)edited by J. J. Chang, J. Fisch and F. A. Popp, pp. 183.
- [32] K. Bieske, D. Gall and J. Fisch, in Biophotonics and coherent systems(Moscow Univ. Press, Moscow, 2000) edited by L. Belousov, F. A. Popp, V. Voeikov and R. Van Wijk, pp. 397.
- [33] E. Wallace, "Acute alteration of biophoton emission by intention"(CIHS, Ph.D. Thesis, 1999); C. Chevalley, M. Vekaria, "biophoton emission by intention," 2001, personal communication.
- [34] K. Nakamura and M. Hiramatsu, Photochemistry and photobiology(2002) submitted.
- [35] C. Choi, et. al. "Biophoton Emission from the Hands," J. of Kor. Phys. Soc. vol. 41, no. 2, pp. 275-278, 2002.8
- [36] T. J. Kim, K. W. Nam, H. S. Shin, S. M. Lee, J. S. Yang, and K.-S. Soh, "Biophoton Emission from Fingernails and Fingerprints of Living Human Subjects," *Acupuncture and Electrotherapeutics Research, Cognizant Communication Corp.*, vol. 27, pp. 85-94, 2002.
- [37] S. Cohen and F. A. Popp, "Biophoton emission of the human body," *J. Photochemi: Photobiol. B.* vol. 40. pp. 187-189, 1997.
- [38] H. -H. Jung, W. -M. Woo, J. -M. Yang, C. Choi, J. -H. Lee, G. Yoon, J. -S. Yang, S. M. Lee, and K.-S. Soh, "Left-right asymmetry of biophoton emission from hemiparesis patients," *Indian Journal of Experimental Biology*, vol. 41, pp. 452-456, 2003.
- [39] W. B. Zhang, Scientific Exploration to the Meridians in Traditional Chinese Medicine(Beijing, 1999).
- [40] R. Van Wijk and E. Van Wijk, "Ultraweak photon emission of human skin," Int. Conference on Biophotons and Biophotonics(Beijing, China), 2003.
- [41] S. -H. Yi, J. -G. Choi, J. -M. Yang, C. H. Lee, S. H. Bahn, W. T. Lim, C. H. Lim, S. B. Chai, J. S. Yang, and K.-S. Soh, "Comparison of the biophoton emission rates from the left and right acupoint and from the upper and lower acupoint," *Korean J. Biotechnol. Bioeng.*, (2004)submitted.
- [42] H. -H. Jung, W. -M. Woo, J. -M. Yang, S. -H. Yi, J. -S. Yang, and K.-S. Soh, "Signal Characteristics of Biophoton Emission from Human Hands," Key Engineering materials, to be published.
- [43] H. -H. Jung, W. -M. Woo, J. -M. Yang, J. -S. Yang, and K.-S. Soh, "Yearlong Biophoton measurements: Normalized Frequency Count Analysis and Seasonal Dependency," *J. Photo Chemi: Photobiol B*(2004) submitted.

Correlation of biophoton emission between left and right hands, and palm and back of hands

J. M. Yang[†], H. H. Jung, W. M. Woo, S. H. Yi, J. S. Yang, and K.-S. Soh

Biomedical Physics Lab, School of Physics, Seoul Nat'l Univ., Seoul 151-747, Korea.

[†]E-mail: joonmol@snu.ac.kr

G. Yoon

Dept. of Electronics and Information, Seoul Nat'l Univ. of Tech., Seoul 139-743, Korea.

(Received March 26, 2004, Revised manuscript June 15, 2004)

Biophotons from three healthy subject's hands were measured every Friday for one year. The correlation coefficients between the left and right palms were found to be 9.0, and a similar value was also obtained between the left and right back of hands.

However, the correlations between the palm and back of a hand turned out to be low, on the average only 0.5. These results are consistent with the result of Zhang's CO₂ production rate experiments on the acupuncture points. The high correlation between the left and right, and the low correlation between the palm and back are interpreted according to the acupuncture theory of meridians. The palm and the back correspond to the yin and yang meridians, respectively. And their behaviors are rather opposite, thus they show low correlations.

OCIS Codes : 170.0170, 170.3890, 170.4580, 170. 5380.