

전자기장의 생리학적 효과에 관한 공동탐구*

소광섭** · 홍중배** · 이성묵*** · 박건식**** · 박승재***

I. 서 론

미래에 선진국으로 발돋움하기 위해 세계의 여러 나라가 과학과 첨단기술에 아낌없는 지원을 하는 것과 마찬가지로 우리 나라도 과학과 첨단기술을 중요하게 생각하고 있다. 점차로 입시위주의 교육을 탈피하려는 노력에 발맞추어 과학교육의 중요한 목표인 창의성개발을 위한 열린 교육을 시도하는 등의 노력을 많은 곳에서 볼 수 있다. 이에 서울대학교 사범대학 물리교육과에서는 “과학공동탐구토론대회”를 통하여 과학의 중요한 탐구력을 기르는 교육에 많은 노력을 기울여왔다. 물리교육과 교수들은 탐구토론의 중요성을 인식, 본 학과내의 행사로 “물리탐구토론대회”를 개최하고 있으며 1999년에 5회를 맞았다.

이와 같은 탐구토론대회를 대학생들 대상으로 수행한 내용을 기초로 초·중등학교의 열린 교육의 하나인 탐구활동에 적용하여 큰 효과를 거두리라 생각된다. 물리교육과에서는 이 “물리탐구토론대회”를 계속 수행하여 교사로 임용되는 학생들로 하여금 탐구토론 활동의 경험을 살려 현장 교육에 유용하게 활용토록 하려한다. 이러한 목표를 달성하기 위해서는 계속적인 연구와 재정적인 지원이 필요하다.

이 연구의 탐구주제는 ‘전자기장의 생리학적 효과’로서 전자기장이 인간의 신체 생리 및 생물에 미치는 영향을 조사하는 것이다. 구체적으로 인체의 경혈(經穴)의 전기장이나 자기장의 성질을 고찰함으로써 동양의학과 서양 생리학 및 물리학의 학제적 연구를 하였다.

이를 위해 현재 물리교육과의 학생을 9개조로 나누어 “전자기장의 생리학적 효과”란 주제를 가지고 공동탐구를 수행하였다. 이들의 탐구활동은 탐구활동 중간의 중간 보고서와 탐구 결과의 결과 보고서로 제출된다. 이를 통해 수행한 탐구활동 및 토론을 분석하고, 우리나라의 과학교육에서 나타날 수 있는 탐구활동 및 토론의 문제점을 파악, 중등학교뿐만 아니라 대학에서도 실행할 수 있도록 여러 단계의 학생들에게 적절한 탐구자료를 개발하고, 지금까지 대학에서 물리탐구토론대회를 실행한 경험을 기초로 열린교육으로서의 새로운 교육방법

* 이 논문은 1999년 서울대학교 사범대학 발전기금의 지원을 받았다.

** 서울대학교 자연과학대학 물리학부 교수

*** 서울대학교 사범대학 물리교육과 교수

**** 서울대학교 자연과학대학 물리학부 부교수

을 개발하는 일에 활용될 수 있을 것이다.

탐구의 구체적인 내용으로는 전자기장이 생물체에 미치는 영향을 조사하는 주제 둘과 경혈의 광학적 특성을 탐구하는 주제로 하였다. 각 주제별로 3개조가 배당됐으며, 각 조는 독립적으로 탐구 제목을 정하고 가설을 설정하며 실험적으로 검증하는 과정을 거쳤다. 이들의 탐구 결과를 보고서로 제출함과 동시에 Website에 올렸으며, 토론과정을 거쳤다.

이들 탐구 중 가장 우수한 연구 결과를 보여준 경혈의 광학적 특성 연구는 결과가 새로운 면이 있으며, 계속적 연구를 시사한다. 이 보고서의 일부는 발췌하여 본 논문의 III절에 옮겼다. 탐구 대회 절차와 방법의 상세한 내용은 생략했으며, 중요한 사항을 II절에 제시했으며, IV절에서는 결과를 요약하였다.

II. 탐구토론의 진행과정

서론에서 언급한 바와 같이 물리교육과의 열린학습을 위한 구체적 활동으로 정답이 알려져 있지 않은 탐구주제를 선정하여 탐구팀 별로 연구 조사 및 토론을 거쳐 보고서를 작성하고, 9개팀 중 우수한 3개팀을 선정한 후 이들 간의 발표 및 토론 대회를 하였다.

(1) 주제의 선정

탐구 주제는 각 교수가 제안한 여러 개의 주제 중에서 다음의 3개를 교수 간 토의를 거쳐 선정하였다.

(가) 생체와 자기장 효과(Biomagnetism) : 자기장이 생리적 현상에 미치는 효과를 관찰, 실험 및 이론을 통해서 규명하는 연구

(나) 전기장의 경혈에 미치는 효과(Bioelectricity) : 경혈간의 전위차 측정을 이용하여 약재와 체질의 관계를 조사하는 연구

(다) 경혈의 광학적 특성(Bio-optics) : 인체 혈점이 광학적으로 어떤 특성을 갖고 있는가를 실험적으로 조사하는 연구

(2) 탐구 조의 편성

물리교육과 1학년부터 4학년의 학생을 9개조(가, 나, 다, 라, 마, 바, 사, 아, 자 조)로 구성한다. 한 조는 각 학년 3명씩 12명으로 구성된다.

각 조는 3학년 학생 중에서 대표 1명을 선발한다.

(3) 탐구 진행

각 조는 위에 제시한 주제 중 하나를 탐구 주제로 선택한다. (Biomagnetism : 마, 바, 사 조 ; Bioelectricity : 가, 다, 자 조 ; Bio-optics : 나, 라, 아 조)

· 학기 중 매주 일회씩 담당 조교의 지도하에 토의 및 탐구 수행을 실시한다.

- 예비 보고서를 작성한 후 일차 평가를 받은 후 보완 실험 및 탐구를 수행한다.

(4) 보고서 작성

- 탐구 과정의 최종 보고서를 작성 제출한다.
- 보고서에 의한 예비평가를 통하여 각 주제별로 우수 조를 선발한다.
- 선발된 3개의 우수 조는 토론회에서 발표 및 토론을 한다.
- 각 조는 보고서를 Website에 올린다.

(5) 토론회

토론회는 개회 선언, 심사위원 소개, 경기규칙 안내에 이어 1회전, 2회전, 3회전의 발표 및 토론 대회를 갖는다. 끝으로 심사평과 심사결과 발표 및 시상식의 순으로 진행된다. 제 1회전에서는 Bioelectricity 우수팀의 발표 10분, 발표팀과 반론팀의 토론 10분, 참가자들의 질문 5분, 평론팀의 평론 5분으로 30분간 진행된다. 제 2회전은 Biomagnetism 발표, 제 3회전은 Bio-optics조 발표로 제 1회전과 같은 방식으로 진행된다.

III. 탐구 활동 결과

각 조별로 최종 보고서를 제출하고 Website에 올렸다. 1999년도 제 5차 탐구대회 of 최우수 보고서는 Bio-optics 주제에서 「PM-tube를 사용한 경혈의 광학적 특성 조사」였다. (조원 명단 : 이은정, 허경순, 김미희, 이주호, 채승철, 김정관, 윤선희, 장상경, 김명진, 안정훈) 아래는 이 보고서의 중요 부분을 발췌한 것이다.

PM-tube를 사용한 경혈의 광학적 특성조사

1. 실험목적

동양의학에서 말하는 경혈에 관한 전기적 특성은 이미 조사된 결과가 많이 나와 있으며 실제 경혈은 다른 조직에 비하여 그 전기적 특성이 다르다는 많은 실험적인 결과가 나와 있다. 이번 물리탐구에서는 가시광선 영역의 광원을 통한 경혈의 광학적 특성을 알아보도록 한다.

2. 실험원리

㉞ 경락

경락은 인체내 기혈(氣血)운행의 통로이며, 인체의 안팎 및 위·아래를 연결하고 장부 기관을 연계하는 독특한 계통이다.

경락은 경맥(經脈)과 낙맥(絡脈)으로 나뉘는데, 경맥이란 기혈이 상하로 운행하는 통로이고, 낙맥이란 기혈이 좌우로 운행하는 통로이다. 사람의 몸에는 장기를 유지하기 위한 에너지 순환계가 상하·좌우·중횡으로 머리 끝에서 발 끝까지 분포되어 있다.

경맥과 낙맥을 흐르고 있는 에너지를 기혈, 또는 영위(營衛)라고 하는데, 이는 서양 의학에서 말하는 순환기 계통이나 신경 계통과 비슷한 점이 있으나 다르다.

㉔ 경혈

경혈은 신체의 표면에 있는 침·뜸·부항 치료의 자극점으로서 경락(經絡)상에 있어서 침을 놓거나 뜬을 뜨기에 알맞은 자리를 말한다. 이는 인체의 중요한 기초적 물질인 기(氣)와 혈(血)이 지나는 통로인 경락을 따라 신체의 바깥 부분에 위치하는데, 기(氣)가 모이고 출입하는 곳이라 하여 혈(穴:구멍)이라 한다. 기가 출입하는 구멍(穴)은 인체 표면의 여러 곳에 있는데, 그 중에서도 주요한 14개의 경맥(경락 중에서도 주된 줄기)을 따라 있는 것을 '경혈'이라 하며, 모두 365개가 있는 것으로 알려져 있다.

경혈은 기가 출입하는 점일 뿐 아니라 신체 내부에 있는 어떤 장기나 기능 체계의 이상이 체표에 나타나는 반응점이기도 하다. 그 반응은 보통 통증으로 나타나는데 그 부위에서 자발적으로 또는 손으로 눌렀을 때 나타나며, 색깔과 윤택의 정도가 달라지기도 하는 등 대개 과민 반응이 나타나게 된다.

경혈은 모든 혈들 가운데서 기본이 되는 것으로 경락 상에 있지 않은 다른 혈들에 비해 치료 효과가 우수한 것으로 알려져 있다.

㉕ 광원과 측정

광원은 chopper와 lock in amplifier를 통과해서 노이즈가 제거된 빛을 사용하는 것을 원칙으로 하지만 헬륨네온 레이저를 사용함으로써 노이즈의 효과를 감소시킬 수 있을 것이다. 빛은 PM-tube를 거쳐 그 세기가 측정되고 이런 과정을 통해 일반조직과 다른 경혈의 특성을 알게 된다.

3. 실험기기에 대한 설명

(내용 생략)

4. 실험가설

경혈에서의 가시광선 영역대의 빛에 대한 흡수도는 다른 조직과는 다를 것이다.

5. 실험장치

(내용 생략)

6. 실험결과

ㄱ) 1차 실험

; 측정점과 광섬유간의 거리도 변인으로 취급하여 경혈과 대조군에서 반사 및 산란되는 빛의 세기를 측정했다.

대상자: 이주호

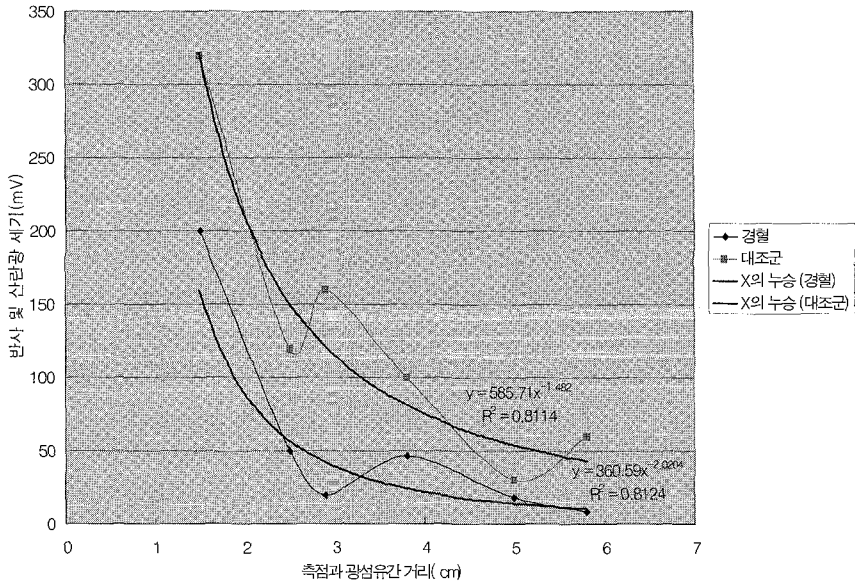
측 점: 삼간

PMT : 6Volt / 0.016A

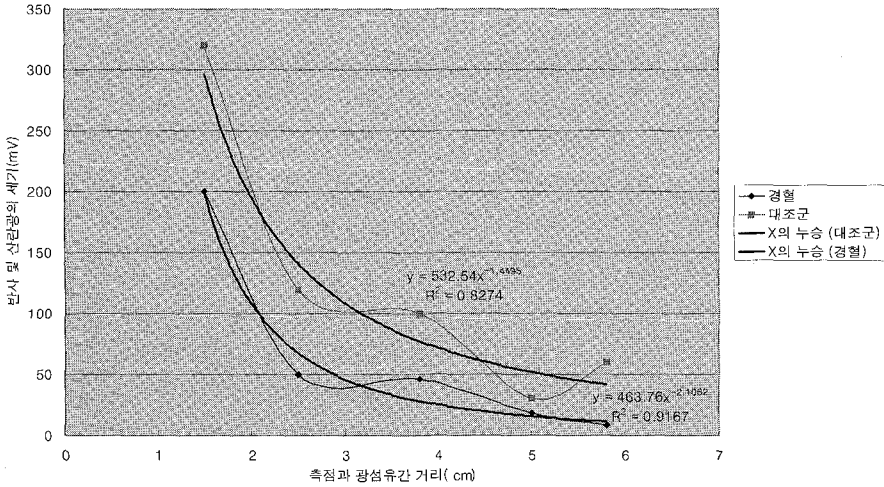
광섬유와 피부면의 각도: 60도

광섬유~측점거리/부위		반사 및 산란광 세기	광섬유~측점거리/부위		반사 및 산란광 세기
5.8cm	경혈	8mV	2.9cm	경혈	20mV
	대조군	60mV		대조군	160mV
5.0cm	경혈	18mV	2.5cm	경혈	50mV
	대조군	30mV		대조군	120mV
3.8cm	경혈	46mV	1.5cm	경혈	200mV
	대조군	100mV		대조군	320mV

실험1



실험1-보정



위의 그래프에서 확인할 수 있듯이, 예상했던 대로 반사 및 산란광의 세기는 측정점과 광섬유간의 거리 제곱에 반비례한다. '실험1' 그래프에서 보면 세 번째 값이 터무니없게 안 맞는걸 볼 수 있다. 그래서 세 번째 값을 빼고 처리하여 '실험1~보정' 그래프를 그렸다. 그래프에서 보면 반비례 상수가 463.76과 532.54임을 알 수 있다.

흡수율
37.50
58.33
87.50
54.00
40.00
86.67
60.67(평균)
21.95(표준편차)

대조군에서 반사 및 산란된 빛의 세기를 기준으로 하여 경혈점에 서 반사 및 산란된 빛의 세기를 비교하면, 빛의 세기 차는 경혈에서 흡수된 걸로 볼 수 있다. 흡수율을 계산해보면 왼쪽과 같이 나온다. 평균흡수율은 60.67로 경혈에서 빛을 흡수한다는 것을 확실히 알 수 있다.

ㄴ) 2차 실험

; 1차 실험에서 경혈과 대조군의 흡수도가 다를 것을 확인하고, 이를 바탕으로 좀더 세분화된 실험을 계획했다. 삼간부터 합곡까지 3mm 간격으로 반사, 산란된 빛의 세기를 측정하면 델타 함수나 정규분포곡선을 그릴 것으로 예상했다. (이하 내용 생략)

ㄷ) 3차 실험

; 1차 실험과 2차 실험에서 측정된 데이터의 경향성이 일치하지 않는 원인은 측정과 광섬유간의 거리를 일정하게 유지하기 힘들었으며 피부의 곡률에 따라 데이터 값을 제어하기 어렵기 때문이었다. 따라서 두 원인을 제거할 수 있는 실험장치를 고안해서 3차 실험을 수행하였다. 3차 실험에서는 고안한 장치를 통해 1차 실험과 같은 양식의 실험을 하여 최종 데이터를 얻었다. (이하 내용 생략)

7. 가설 검증 및 개선안

경혈에서의 가시광선 영역대의 빛에 대한 흡수도는 다른 조직과는 다를 것이다.

이번 실험을 통해, 설정된 가설은 그 현상적인 모습은 맞는 것으로 나타났다. 가장 신뢰할 수 있는 3차실험 결과를 통해 우리는 경혈이 일반조직보다 대략 20%정도 더 낮은 반사~산란광을 보였으며 이는 경혈이 빛을 흡수한 것이라고 말할 수 있다.

경혈이 기의 흐름의 통로로서 기가 외부공간과의 이동통로로서 경혈을 이용한다면 그 기의 몇 가지 특성은 이번 실험 결과를 통해 알 수 있다. 빛이 어느 정도는 다른 조직에 비해 경혈에서 더 많이 흡수된다는 이번 실험결과는 빛과 기 사이의 공통적인 에너지 형태를 가지고 있을 것이라고 추측할 수 있다.

여기서 가능한 이론적 모델을 설정해보자.

안테나로는 젓가락만 사용해도 전자기파를 수신할 수 있다. 경혈은 기(氣, 일종의 전자기파로 추정됨)를 받아들이는 일종의 안테나로 작용하는 게 아닐까 한다. 이 이론적 모델에 우리의 실험결과를 적용시켜보면, 경혈에서 레이저 빛(전자기파)이 일반조직보다 대략 20%정도 더 흡수되는 것으로 이론적 모델이 지지된다.

또 경혈을 기의 출입구로 판단한다면, 기가 조직내로 들어오거나 외부로 방출되는 것 둘다에 대해서 검증해야 하는데 우리가 한 실험은 기가 조직내로 들어가는, 수신부분에 대한 것이었다.

따라서 역으로 경혈에서 외부로 방출되는 기의 측정도 가능할 것이다.

한편, 기라는 에너지가 굳이 전자기파(빛)의 형태일 필요가 있을까라는 의문이 든다. 비디오자료에서 본 것처럼 태양광뿐 아니라 인공광원을 이용해서 기를 흡수하여 체내 면역력을 증가시키는 것을 확인했다. 또한 흔히 아는 것처럼 사람의 감정은 타인에게 생각만으로도 전달되는 경우가 있는데 이것은 그 사람의 감정이 뇌파로 대상인물에게 전달되기 때문이다. 여기서 뇌파는 전자기파이며 이러한 현상을 기가 전달된다고 표현하는 것을 볼 때 기의 에너지 형태는 전자기파가 아닐까 한다.

IV. 결 과

열린 주제에 대한 문헌 조사, 관찰, 실험, 보고서 작성, 발표, 토론의 전 과정을 공동으로 수행하는 본 교육과정에 학생들은 매우 진지하게 열성적으로 참여했다. 이런 종류의 학습 기회가 적었던 까닭에 기대한 만큼의 탐구 결과를 성취하지는 못했지만, 미지의 현상을 탐구하는 연구자의 과정을 체험함으로써 강의식 교육에서는 얻을 수 없는 매우 귀중한 경험을 얻었다고 판단된다. 보고서 작성에 있어서도 형식과 내용에 있어서 미숙한 점이 많으나 대학원 과정에서 보완될 수 있다고 본다.

9개조가 3개의 주제에 관하여 각각 탐구 활동을 한 후 보고서를 작성한 바, 이들은 동일 주제 내에서 탐구 제목을 자유롭게 정하였다.

(1) Bioelectricity 주제

- (가)조와 (다)조 : 경혈간의 전위차 측정을 이용한 약제와 체질 관계 조사
- (자)조 : 경혈의 전기 현상으로 이용한 오링 테스트의 객관화

(2) Biomagnetism 주제

- (마)조와 (사)조 : 자기장에 의한 코막힘 해소 작용 연구
- (바)조 : 혈류 속도와 자기장의 관계 연구

(3) Bio-optics 주제

- (나)조 : 피부 상의 혈자리를 구분할 수 있는 광학적 특성
- (라)조 : 경혈의 빛 투과 성질 조사 연구
- (아)조 : 경혈의 광학적 특성 조사

이상의 탐구 활동 중 종합적 평가에서 가장 우수한 평가를 받은 것은 (아)조의 경혈의 광학적 특성 조사였다. (아)조의 실험 수행 과정과 보고서 작성 및 발표 및 토론 능력의 종합 성적이 우수했기 때문이다.

창의성의 측면에서는 (바)조의 '혈류 속도와 자기장의 관계 연구'였는데 이들은 실험 소재의 선택과 실험 관찰 수행의 우수성이 돋보였으며 새로운 결과를 얻었다. 허용된 연구 기간이 짧아서 완성을 보지 못했으나 확장된 연구를 계속한다면 학술지에 발표할 수 있는 수준의 연구 결과였다.

Bioelectricity의 연구팀은 약제와 체질의 관계를 탐구하였으나 명확하고 객관적인 결과를 얻지 못한 점이 아쉬웠다. 그러나, 이 방법의 연구는 의학적 응용이 매우 크고, 생리학적 기전의 연구를 촉발할 수 있다는 점에서 새롭게 도전할 필요가 있다. 예를 들면 인삼의 체질적 반응을 각 경혈별로 조사하는 등의 세밀한 분석을 진행한다면 획기적 성과를 얻을 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 박승재 · 소광섭 · 홍종배 · 이성묵 · 박건식 (1997). 물리교육과에서의 과학공동탐구와 토론 방법의 적용과 과학교육적 의의, 사대논총 54, 161.
- 홍종배 · 박승재 · 소광섭 · 이성묵 · 박건식 (1998). 공동탐구토론대회를 통한 대학생들의 탐구활동 분석과 새로운 탐구과정 제시, 사대논총 56, 131.
- 서울대학교 물리학습연구실 (1990). 물리학습의 편모, 물리학습연구자료.
- 서울대학교 사범대학 물리교육과 (1996). 제2회 물리교육과 과학탐구토론대회 보고서, 서울대학교 사범대학 물리교육과 · 한국물리교육연구센터.
- 정병훈 (1993). 과학공동탐구와 토론~학생과학활동지도자료 3, 관악사.
- 학생과학탐구 올림픽 조직위원회 (1993). 국내외의 청소년과학특별활동~과학행사와 경연대회, 학생과학탐구올림픽대회 조직위원회.
- 한국물리교육연구센터 (1994). 여럿이 근거있게 따지기~제2회 학생과학탐구올림픽대회 보고서 중 과학탐구 토론대회 보고서, 한국물리교육연구센터.
- F. J. Dyson(권재술 역) (1991). 물리를 가르칠 것인가 말 것인가?~Freeman J. Dyson의 Oersted Medal 수상 연설, 물리교육, 9(2).

<Abstract>

Cooperative Inquiry on the Physiological Effects
of Electricity and Magnetism

Soh, Kwang-Sup* · Hong, Jongbae* ·
Lee, Sung Muk** · Park, Gun-Sik*** · Park, Sung Jae**

“The 5th Science Inquiry and Discussion Contest” was held in May 1999 in the Department of Physics Education as a part of the open-learning model curriculum. The topics are three : (1) Physiological Effects of Magnetism, (2) Physiological Effects of Electricity, and (3) Optical characteristics of the Meridian Points. The students from freshmen to seniors were grouped into nine teams to compete in the inquiry on the subject by collaboration of twelve members. The research outputs were reported by papers and also to the Website. Three teams were prescreened among the nine teams through the evaluation of their reports, and those three teams had contests of presentation and discussion in the audience of other students. Their research results were not complete, but showed some creative and new aspects from which further research should be encouraged. The students were very sincere and enthusiastic in this open-learning course.

* Professor, Department of Physics, College of Natural Science, Seoul Nation University

** Professor, Department of Physics Education, College of Education, Seoul National University

*** Associate Professor, Department of Physics, College of Natural Science, Seoul National University