

## Adjuvant로 유발된 관절염의 흰쥐에서 초음파와 고전압 맥동 전류 치료의 효과

이동진, 이동엽, 황돈영  
삼육대학교 대학원 물리치료학과

### Abstract

#### Effects of Ultrasound and High-Voltage Pulsed Current on Adjuvant-Induced Arthritis in Rats

Dong-jin Lee, M.P.H., P.T.

Dong-yeop Lee, M.P.H., P.T.

Don-young Hwang, M.Sc., P.T.

Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Sahmyook University

The purpose of this study was to assess the effects of High-Voltage Pulsed Current (HVPC) and ultrasound on adjuvant-induced arthritis in rats. Adjuvant arthritis was induced in female Sprague-Dawley rats by the subcutaneous injection of a single dose of .1 ml of Complete Freund's Adjuvant (CFA) (1 mg of Mycobacterium Butyricum suspended in .1 ml paraffin oil) into the right hind paw. A randomized, parallel-groups design of 24 subjects was used. All rats were randomly assigned to control (n=8), ultrasound (n=8), and HVPC (n=8) were compared with those of injured rats. The rats in the pulsed ultrasound group were treated at 1 MHz frequency with .5 W/cm<sup>2</sup> intensity in 1:4 mode for 5 minutes per day. The rats in the HVPC group were treated at 120 pulses per second and 50 μs phase duration, 20 mA intensity for 30 min per day. Treatment was done in the left and right hind limb for 2 weeks. We evaluated clinical, radiographic, hematologic and histopathologic findings before and after treatment and obtained the following results. 1. Edema of the right hind paw was more significantly reduced in the ultrasound and HVPC groups than the control group on days 9, 12, and 14 (p<.05). Edema of the left hind paw was more significantly reduced in ultrasound and HVPC groups than the control group on days 12, 14 (p<.05). 2. WBC counts of the ultrasound and HVPC groups as compared with the control group were becoming remarkably decreased after the treatment. 3. In radiologic findings, arthritis formation was seen according to the score of arthritis, which was the highest in the control group, upon the observation of radiographs of the left and right hind paws. However, no statistically significant difference was present in the score within three groups. 4. In the histopathologic findings, ultrasound and HVPC groups had effectively suppressed erosions of articular cartilage and inflammatory cell infiltrations. Therefore, the results of the study show that rats that were treated with the ultrasound and HVPC effectively suppressed adjuvant arthritis. However, no statistically significant difference was present between the ultrasound group and the HVPC group.

**Key Words:** Arthritis; Edema; High-Voltage Pulsed Current; Ultrasound.

### I. 서론

류마티스 관절염(rheumatoid arthritis)은 관절 내 활

액막의 만성적 비대 및 염증반응으로 인해 관절 연골과 그 주위 조직이 파괴되고 초기에는 관절의 부종과 동통이 발생하고 진행됨에 따라 특징적인 관절 변형 및 강

직을 유발 시키는 전신적 질환이다(Hariss, 1990). 재활 치료의 목적은 류마티스 환자의 회복, 예방, 관절범위의 증가, 근 강화, 심혈관계의 증진 등으로 볼 수 있다(Ytterberg 등, 1994). 국소부위의 열, 냉의 적용은 류마티스의 통증이나 강직을 이완시킬 수 있고 강직의 감소 및 부종의 감소 효과가 있다(Oosterveld, 1994). 일반적인 류마티스 관절염 검사에는 적혈구 침강속도(erythrocyte sedimentation rate)와 C-반응성 단백질 수치(C-reactive protein), 헤모글로빈의 수치, 혈소판의 증가 등이 포함된다(Salvador 등, 2003). 활액 분석법도 관절의 문제나 삼출물이 있을 경우 진단적 평가 방법으로 매우 중요하다. 활액 분석법은 홍반의 정도, 투명도, 점성도, 관절의 볼륨, 점액물질, 백혈구, 염증 정상 조직과 다른 조직의 세포의 수 등을 통해 검사를 하는 것이다(Schumacher, 2001).

초음파는 인간의 귀로서는 들을 수 없는 음향 진동의 형태로서 주파수가 높고 파장이 짧기 때문에 강한 진동이 발생된다. 이러한 물리적인 성질을 이용하여 열효과(thermal effect)와 비열효과(non-thermal effect)를 인체에 적용하여 다양한 치료적 결과를 얻는데 이용되고 있다(ter Haar, 1999). 치료를 목적으로 한 초음파의 적용은 류마티스 환자에서 손의 악력을 향상시켰고, 손목의 배측 굴곡을 증진시켰으며, 아침에 발생하는 강직의 감소와 관절의 부종과 통증을 감소시켰다(Casimiro 등, 2002). 이러한 효과는 초음파의 온열효과로 인한 체온상승으로 혈류량의 증가, 세포막의 투과성의 변화로 인한 통증 매개물질의 세척 및 동통 역치의 변화에 영향을 주며 임상에서 폭 넓게 이용되고 있다(김진호와 한태륜, 1997).

고전압 맥동전류 자극(high voltage pulsed current stimulation, HVPCS)은 독특한 짝정점파(twin-peak wave)를 이루는 단상파(monophasic wave) 맥동전류로 맥동기간이  $\mu s$  단위로 매우 짧으나, 수백볼트에 이르는 높은 전압을 사용하는 전기 자극치료이다. HVPCS는 부종 치료를 위해 사용되는 효율적인 물리치료 중 하나이다. HVPCS는 통증완화, 근 경축완화, 창상치유, 부종 흡수촉진, 관절운동증진, 신경과 근 자극, 말초혈액순환 증진 등의 효과를 목적으로 적용한다(이재형, 1995). 부종은 염증과정의 자연스런 부분으로 외상 등으로 인해 유발된다. 부종은 모세혈관과 작은 정맥의 혈관투과성의 증진으로 혈장 단백질의 유출과 모세혈관의 압력이 증가되어 간질액이 유출되고 혈관저항을 조절하는 혈류량

이 염증부위에 증가하여 발생한다. 부종은 혈관의 흡수, 혈류 변화에 영향을 받는다(Majno 등, 1969). Mendel 등(1992)은 실험실에서 고전압 음극 자극으로 120 pps, 강도는 눈으로 볼 수 있는 근 수축 역치의 90%로 적용 시에 쥐와 개구리의 부종을 억제한다고 하였다.

위에서 본 바와 같이 초음파 치료에 의해 관절 주위 염증과 만성 관절염에 의한 통증과 부종에 관한 연구와 고전압 음극 자극에 의해 개구리와 쥐의 부종을 억제하고 혈류량이 변화가 나타난다고 하는 연구들이 선행되어 왔으나 관절염에 초음파와 고전압 맥동 전류 자극의 차이를 비교해 보는 연구는 부족한 실정이다. 본 연구의 가설은 첫째, 염증과 혈류량 증가에 따른 부종, 혈액 변화, 방사선, 병리적 소견에 있어서 고전압 맥동 전류 자극과 초음파 자극이 각각 유의한 효과를 나타낸다는 것과 둘째, 고전압 맥동 전류 자극과 초음파 자극의 관절염에 대한 효과를 비교하였을 때 유의한 차이를 보인다는 것이다. 본 연구의 목적은 류마티스 관절염을 유발한 흰쥐에서 부종 측정과 혈액 분석, 방사선 판독, 병리적 소견을 통해 초음파군과 고전압군이 관절염에 미치는 영향을 알아보는데 있다.

## II. 연구방법

### 1. 실험재료

#### 가. 실험동물

체중이  $220.3 \pm 8.0$  g인 5주령의 Sprague-Dawley계 암컷 흰쥐 26마리를 1주일간 실험실 환경에 적응시켰다. 실험 기간 동안 동물은 항온·습도조건( $23 \pm 2^\circ C$ ,  $50 \pm 10\%$ )하에 래트용 polycarbonate cage( $260 \times 420 \times 180$  mm)를 사용하고 실험 기간동안 고형사료와 물은 자유롭게 섭취하도록 하였다.

#### 나. 관절염의 유발

관절염 유발은 Chang과 Bliven(1979)의 방법으로 Complete Freund's Adjuvant(CFA)인 Mycobacterium Butyrium<sup>1)</sup>을 흰쥐의 우측 뒷다리 발바닥에 마리 당 .1 ml를 1회 투여하여 인위적으로 관절염을 유발하였다.

1) Lot No. 1008626, Life Technologies, U.S.A.

## 2. 실험방법

### 가. 실험설계

실험설계(true experimental design)로 사전-사후 집 단통제설계(pretest-posttest control group design)를 하였다. 26마리의 흰쥐에 Chang과 Bliven(1979)의 방법으로 Complete Freund's Adjuvant를 투여한 후 관절염의 유발 유무를 확인하고 관절염이 발생한 24마리에 대해 흰쥐를 무작위로 초음파 치료군(n=8), 고전압 치료군(n=8)과 대조군(n=8)으로 분류하였다. 치료 전에 부종, 방사선 사진, 혈액에 대한 동질성 검사를 하였다.

### 나. 고전압 및 초음파 투여방법

고전압 치료<sup>2)</sup>는 부종에 효과를 보인 Taylor(1997)의 방법으로 120 pps의 HVPC, 간격은 50  $\mu$ s, 강도는 20 mA 치료시간은 하루에 30분씩 2주간 실시하였다. 흰쥐의 양쪽 뒷다리에 고관절 부위의 털을 제거한 다음 직경이 20 mm의 도자를 제작한 후에 겔 패드로 부착이 가능하도록 하였다. 부착 부위에서 양극전극은 대퇴부위에 부착하였고, 음극전극은 발바닥에 부착시켰다. 단속형 초음파 치료<sup>3)</sup>는 기포가 제거된 물을 플라스틱 용기에 담아 흰쥐를 고정 틀에 묶은 다음에 양하지를 물에 담그고 좌, 우측 뒷다리와 초음파 헤드사이의 거리는 1.2 cm를 유지하는 간접 조사법을 이용하였다. 재활 치료에 많이 사용되는 주파수인 1.0 MHz로 부종감소에 효과를 보인 Fyfe와 Chahl(1980)의 방법으로 1:4의 단속형 비율을 사용하였고 .5 W/cm<sup>2</sup>의 강도로 하루에 5분씩 2주간 초음파 치료를 시행하였다. 대조군은 관절염 유발 후에 전기를 통하지 않은 조건에서 초음파 치료기로 허위로 치료하여 같은 스트레스를 주었다.

### 다. 부종평가

관절염의 객관적 평가를 위해 발적과 부종이 동시에 나타나는 분명한 관절염이 있을 경우로 하였고 좌, 우측 뒷다리의 훅 관절(hook joint)에 표시를 하였다.

캘리퍼를 이용하여 직경을 .05 mm 단위까지 관절염의 부종정도를 표시하고 치료 전, 3일째, 6일째, 9일째, 12일째, 14일째에 측정하였다

### 라. 혈액검사

혈액학적 검사는 자동 분석기<sup>4)</sup>를 이용하였으며 각 군별로 관절염 유발을 시킨 다음 치료 전 그리고 2주간 치료 후에 혈액을 채취하여 백혈구, 적혈구 수치를 검사하였다.

### 마. 방사선 촬영 및 관절염 평가

CFA 주입으로 관절염 유발 후에 초음파 및 고주파 치료 전 및 7일째 그리고 치료종료 후인 14일째에 촬영하여 평가하였다. 방사선사진 촬영<sup>5)</sup>은 배복측 방향(40 KV, 2 mAs)으로 촬영한 후 방사선사진 자동현상기<sup>6)</sup>를 이용하여 필름을 현상하였다. Trentham 등(1977)이 보고한 방사선학적 소견을 토대로 Mainarde 등(1979)의 방법을 변형하여 연부 조직의 종창, 관절의 파괴정도, 신생골 형성, 관절 구축 등의 정도에 따라 0점에서 3점까지 점수화하고 좌측과 우측의 뒷다리 관절염 점수의 합산으로 평가하였다(표 1).

### 바. 조직 병리학적 실험 및 관절염 평가

모든 처치가 끝난 후에 육안적 및 조직학적 소견을 관찰하기 위해 흰쥐를 희생시켜 우측 두번째 뒷다리 지 절관절 주위를 절개하여 관절 연골을 적출한 후 10% 중성 포르말린에 고정한 후 10% 포름산<sup>7)</sup>(formic acid)를 사용하여 실온에서 2시간 동안 탈회하였다. 파라핀 포매는 자동조직처리기의 포매기<sup>8)</sup>로 4  $\mu$ m 절편을 만들어 헤마톡실린-에오신으로 염색한 후 광학현미경<sup>9)</sup>으로 조직표본을 검정하였다. 조직병리학적인 관절염은 각각의 관절에서 염증의 정도, 판누스의 형성 유무, 연골의 손상정도, 관절의 손상정도에 따라 구분하였다.

2) Teramini 3C, RICHMAR, U.S.A.  
3) Teramini 3C, RICHMAR, U.S.A.  
4) Celltac a, NIHON KODEN, Japan.  
5) BLD-15RK, 동아엑스레이, Korea.  
6) KODAK, U.S.A.  
7) Sigma, U.S.A.  
8) Lecia 820, Germany.  
9) Olympus BX50F4, Japan.

**표 1.** 관절염의 방사선 평가 점수

단위	방사선 점수
0	정상
1	관절협착, 연부조직의 부종, 골의 파손
2	현저한 관절 협착, 골막에 신생골 형성
3	완전한 관절 협착으로 인한 관절파손 및 강직

### 3. 분석방법

통계학적 분석은 SPSS version 10.0 프로그램을 이용하였다. 대조군과 실험군의 수치는 평균치와 표준편차를 산출한 후, 세 군의 측정시기에 따른 좌, 우측 부종의 차이와 방사선 점수에 따른 차이를 알아보기 위해 일요일 분산분석(one-way ANOVA)을 이용하였으며, 사후검정으로 Tukey's 검정을 사용하였다. 혈액 분석에서 전, 후 비교를 위해 짝비교 t-검정을 하였다. 이 연구에서 통계학적 유의성을 검정하기 위해 유의수준  $\alpha = .05$ 로 하였다.

## III. 결과

### 1. 부종의 변화

#### 가. 우측 뒷다리의 부종의 변화

대조군은 부종의 정도가 지속적으로 증가하였다. 그러나 대조군에 비해 초음파군과 고전압군에서 6일째부터 부종억제 효과를 보였다. 9일, 12일, 14일째 세 군간 다소 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 사후검정에서 9일째에 대조군에 비해 고전압군에서 유의하게 부종이 감소하였으며( $p < .01$ ), 12일에는 초음파군에서 부종이 다소 유의한 감소효과가 있었고( $p < .05$ ), 고전압군에서도

유의한 감소를 보였다( $p < .01$ ). 14일째에 대조군에 비해 초음파군에서 통계적으로 유의한 부종감소효과( $p < .01$ )와 고전압군에서 매우 유의한 부종감소 효과를 나타내었다( $p < .001$ )(표 2). 그러나 초음파군과 고전압군의 비교에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

#### 나. 좌측 뒷다리의 부종의 변화

우측 뒷다리과 동일하게 대조군에서 지속적인 부종의 증가를 보였다. 초음파군에서는 6일까지 부종의 정도가 대조군에 비해 소폭 증가하다가 9일째부터 부종억제효과를 보였다. 고전압군에서는 12일째부터 부종억제 효과를 보였다. 12일째와 14일째에서 세 군 사이에 다소 유의한 차이를 보였다( $p < .05$ ). 사후검정에서 12일째에 대조군에 비해 고전압군에서 다소 유의한 부종감소효과를 볼 수 있었고( $p < .05$ ), 14일째에는 대조군에 비해 초음파군에서도 다소 유의한 감소효과( $p < .05$ )와 고전압군에서 유의한 부종감소 효과가 있었다( $p < .01$ )(표 3). 그러나 초음파군과 고전압군에서 유의한 차이를 보이지 않았다.

### 2. 혈액변화

대조군은 치료 전에 비해 치료 후에 백혈구 수치의 감소가 있었다. 그러나 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 그러나 초음파군과 고전압군은 치료 전, 후 비교에서 유의한 백혈구의 감소를 보였지만( $p < .05$ ), 두 군 사이에 유의한 차이는 없었다. 적혈구 수치 비교 시에는 세 군 모두 치료 후에 의미 있는 변화를 보이지 않았다(표 4).

### 3. 방사선 점수의 변화

좌, 우측 뒷다리의 점수에서 관절염 유발 후에 치료 전 점수는 1점으로 세 군 모두에서 연부조직의 부종과

**표 2.** 우측 뒷다리 발목의 부종변화

단위: mm

치료일자	대조군(n=8)	초음파군(n=8)	고전압군(n=8)
치료 전	12.44±.71	12.17±.78	12.34±.73
3	12.79±.80	12.08±.82	12.71±.91
6	13.23±.60	12.82±.73	12.74±1.96
9 <sup>†</sup>	13.76±.72	12.69±.66	11.71±1.27**
12 <sup>†</sup>	13.33±1.05	11.79±.55*	11.12±1.36**
14 <sup>†</sup>	13.78±1.08	11.34±.96**	10.21±1.15***

세 군간 비교 시 유의한 차이 <sup>†</sup> $p < .05$

대조군에 비해 유의한 차이 \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

**표 3. 좌측 뒷다리 발목의 부종변화**

단위: mm

치료일자	대조군(n=8)	초음파군(n=8)	고전압군(n=8)
치료 전	6.49±1.03	6.22±.74	6.25±.37
3	7.92±1.65	6.78±2.05	6.32±.75
6	9.28±1.81	8.87±2.46	7.33±1.47
9	10.03±1.71	8.81±2.08	7.88±2.17
12 <sup>†</sup>	10.27±1.24	8.69±2.13	7.34±1.80*
14 <sup>†</sup>	10.37±1.83	7.55±1.70*	7.13±1.71**

세 군간 비교 시 유의한 차이 <sup>†</sup>p<.05

대조군에 비해 유의한 차이 \*p<.05, \*\*p<.01

**표 4. 백혈구, 적혈구의 변화**

집단	WBC(×103/μl)		RBC(×106/μl)	
	치료 전	치료 후	치료 전	치료 후
대조군(n=8)	22.83±5.19	15.60±4.39	6.90±.50	6.50±.82
초음파군(n=8)	22.20±3.32	10.78±1.94*	6.79±.30	6.63±.47
고전압군(n=8)	22.75±3.41	10.54±2.38*	6.78±.71	6.60±.23

치료 전과 후의 차이 \*p<.05

**표 5. 방사선 점수**

치료일자	대조군(n=8)	초음파군(n=8)	고전압군(n=8)
치료전	1.00±.00	1.00±.00	1.00±.00
7	3.50±1.04	3.24±1.00	3.29±.76
14	3.63±1.69	3.00±1.16	2.75±.89



대조군                  초음파군                  고전압군

**그림 1. 14일째 흰쥐의 방사선 사진**

관절의 협착이 보였으며 음영의 소실이 있었다. 치료 7일 째에 세 군 모두에서 심한 연부조직의 파괴와 관절 주위의 뼈에서 골막반응과 병적인 신생골이 형성된 관절 경직 증상이 보였고, 대조군에서 심한 X선 비투과성의 항진이 보인 것을 알 수 있었다. 치료 14일 째 대조군에서는 더 악화 된 반면, 초음파군과 고전압군에서 약간의 점수 감소가 있었다. 그러나 여전히 X-선 비투

과성의 항진과 인접골에서 여전히 뼈잔기둥(trabecula)의 음영 소실이 있었고, 통계적으로도 유의한 차이를 보이지 않았다(표 5)(그림 1).

#### 4. 병리학적 소견

병리조직학적 소견은 초음파 투여 종료 후에 육안적 및 조직학적소견을 관찰하기 위해 흰 쥐의 뒷다리 두 번째 지절관절 주위를 절개하여 관찰하였다. 대조군과 초음파군, 고전압군에서 관절연골(articular cartilage)과 골간 성장판(epiphyseal growth plate)이 손상된 소견을 보였다. 대조군에 비해 초음파군과 고전압군에서 다형 핵 백혈구와 임파구의 침윤 상태가 적었고, 관절연골과 골간 성장판의 파괴 정도가 적은 소견을 보였다. 대조군에서는 관절 연부조직의 염증의 침윤 정도가 현저히 증가하였고, 관절 연골의 심한 손상과 관절 내에 경고한

물질이 침착되어 관절의 강직이 유발되었지만 초음파군과 고전압군에서는 대조군에 비해 경미하였다. 초음파군과 고전압군에서 연부조직의 염증 침윤정도는 거의 비슷한 소견을 보여 차이를 구별하기 힘들었다(그림 2).

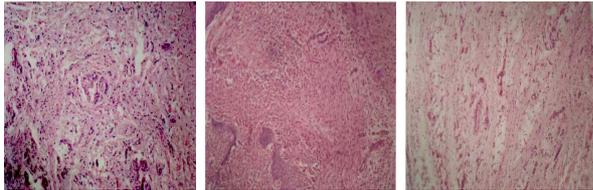


그림 2. 활막 관절 주위조직의 병리학적 소견(H&E, ×40)

#### IV. 고찰

류마티스 관절염은 원인이 알려지지 않은 전신적인 자가면역질환으로 정상조직이 파괴되면서 염증조직과 섬유성 조직으로 대체되어서 결국 기능을 잃게 되고 관절의 부종과 동통이 발생한다(허혜경, 1997). 부종은 근 골격계에 외상을 받았을 때 모세혈관이 파열되어 투과도가 증가된 혈장 단백질이 혈관 밖으로 빠져나가 세포 사이에 존재하게 되면 물과 친화도가 높은 혈장 단백질이 물과 함께 이동하면서 형성된다. 조직이 손상을 받으면 치유 과정에서 부종이 발생하는데 과도한 부종은 치유를 지연시키며 동통을 유발하고 관절 가동역을 감소시켜서 외상이 있는 부위의 기능을 제한시킨다. 그러므로 부종의 치료는 임상적으로 특히 물리치료에서 중요성이 부각되고 있다(허혜경, 1997). 초음파치료의 일차적인 효과는 초음파 에너지 흡수에 따른 조직 온도의 상승이다. 초음파 에너지가 조직에 도달하면 분자들의 마찰에 의해서 열에너지로 전환된다. 열 발생은 조직온도를 상승시키고 이에 따라 혈류량 증진, 생체막 투과성 증가, 신진대사 증가, 교원 조직의 신장력 증가, 통증역치 증가, 근 경축 완화, 신경 전도속도 변화, 효소 활성 증가, 골격근의 수축력 변화 등과 같은 생리학적 반응이 나타난다(이재형, 1995). 초음파 치료는 점액낭염, 건염 등의 관절주위 염증과 류마티스 관절염, 강직성 척추염 등의 만성염증 및 퇴행성 관절염 등의 치료에 이용되고 있으며 치료 후 관절가동영역 및 통증의 호전 등의 효과를 보인다. .79 MHz의 빈도에 1:1과 1:4의 비율로 단속형 초음파를 2~5분 적용으로 투여하여 부종이 의미있는 감소를 보였다고 하였다(Fyfe와 Chahl, 1980). 이는 단속형 초음파 투여 시에 우측 뒷다리에서

9, 12, 14일째와 좌측 뒷다리에서 12, 14일째 부종이 대조군에 비해 유의하게 감소된 소견과 일치하였다. 손상된 세포 안의 백혈구의 축적은 염증반응을 구성하는 중요한 요소로 혈관벽에 유착되어 있으며 내피세포를 통해 국소적으로 이동을 한다고 하였고, 확실히 증명되지는 않았지만 초음파는 염증세포의 유착을 조절한다고 하였다. 실험적 연구에서 쥐의 세포내 포도상구균 독소가 초음파에 의해 감소하였다고 하였으며, 혈류의 흐름과 염증의 조절, 백혈구의 이동, 교원질 합성과 생성 등에 영향을 준다고 보고하였다(Anderson과 Barrett, 1981). 이는 본 연구의 초음파의 백혈구 감소효과와 일치하였다.

고전압 맥동전류 자극(HVPCS)은 1945년 Bell 연구소의 Haislip 등이 Dyna wave 신경자극기라는 이름으로 고전압 자극기를 처음 소개하였고, 1980년대에 이르러 HVPCS가 널리 보급되어 현재에는 통증완화, 창상치유, 부종 흡수 촉진 등의 치료에 이용되고 있다(이재형, 1995). 이에 반해, 저 강도 직류의 직접적인 생체조직 자극은 인접한 주위 조직을 손상시킬 수 있고, 적용의 불편함 등으로 인해 최근에는 펄스의 지속시간은 감소시키고 전압을 증가하여 심부조직의 손상 없이 적용 가능한 고전압 전류를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다(김식현, 1995). Reed(1988)는 HVPC가 모세혈관의 투과성을 감소시킴으로써 부종 치료에 효과적일 수 있다고 하였고, Bettany 등(1990)은 개구리의 뒷다리에 외상을 준 후 30분씩 4번 120 pps의 HVPC로 치료하였을 때 부종 감소에 효과적이라는 결과를 얻었다. Taylor 등(1992)의 실험에서도 HVPC의 짝단상파를 사용하여 30분 동안 치료했을 때 10시간까지는 부종 감소에 효과적이라는 결과를 얻었다. 김연정 등(1994)은 120 pps의 음극 HVPC를 외상을 입은 개구리의 뒷다리에 30분 동안 적용하여 HVPC로 치료한 다리가 치료하지 않은 다리보다 부종 감소에 효과적이었음을 알 수 있었다. 본 연구에서도 120 pps 파형과 50  $\mu$ s 간격의 HVPC로 하였으며 눈으로 볼 수 있는 근 수축을 일으키는 근 수축역치의 90%의 강도를 사용하였을 때 관절염이 발생한 쥐의 부종이 현저하게 감소함을 확인 할 수 있었다. Carey와 Lopley(1962)는 고전압 맥동전류 자극의 사용에 있어 미세 순환 증진과 대식 세포, 백혈구 이동의 촉진을 설명하였다. 이는 본 실험의 백혈구 수치가 대조군에 비해 고전압 치료 군에서 유의하게 감소한다는 소견과 일치하였다. 더불어 Taylor 등(1997)은 고전압 맥동 전류는 미세혈관의 투과성 증진으로 인

한 급성 부종 형성을 억제한다고 하였고, Reed(1988)는 고전압 전류는 혈류를 변화 시킬 수 있으며, 세동맥의 수축과 확장을 조절하고 모세혈관의 수축으로 혈류의 감소를 일으키며 간질조직으로 유입되는 물질을 감소시킬 수 있다고 하였다. 그러나 부종 치료를 위한 고전압 맥동 전류에 대한 이론은 아직까지도 명확하게 설정되어 있지 않다(Cosgrove 등, 1992). 이러한 고전압 맥동 전류에 관한 여러 연구자들의 연구 결과에서 파형에 따른 부종 감소율에 관한 의견이 서로 대립되고 있으나, 대체적으로 고전압 맥동 전류 자극이 모세혈관의 혈류량을 감소시켜 부종 감소에 효과적으로 작용 한다는 것이 정설화되고 있는 실정이다. 본 실험에서 대조군에 비해 치료군의 부종감소, 백혈구 감소 등의 효과는 입증되었다. 그러나 초음파군과 고전압군 사이에 의미있는 차이는 보이지 않았다.

Issekutz와 Issekutz(1991)는 애쥘먼트 관절염 (adjuvant arthritis)의 조직병리 연구에서 다핵 백혈구와 림프구의 침윤이 심하였다고 하였는데 이는 본 실험 결과와 일치한다. 본 실험에서도 대조군에 비해 초음파군과 고전압군의 염증정도와 단핵 림프구의 침윤이 약간 경미한 소견을 보였지만, 치료군 간에는 큰 차이는 보이지 않았다. 이는 쥐의 생리학적 구조가 작은 관절로 구성되어 있어 인체에 적용했을 경우와는 다른 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 그리고 초음파의 간접조사로 인해서 마사지 효과가 배제되었고 2주간의 한정된 치료 소견을 관찰하였기 때문에 치료 군 간의 차이를 구별하는 것에는 한계가 있었다고 사료된다. 본 연구의 제한점으로 조직병리 소견을 정량화하기 위해 흰쥐의 지질 관절에서 일정한 위치의 활막에서 절편하여 관찰하였으나 정확하게 같은 위치를 맞추기 어려운 점이 있었다. 같은 위치의 활막에서 침윤된 세포의 수를 세는 방법도 있으나 실제 적용 시 세포의 수 역시 오차가 크다는 문제가 있어 미세 조직학적이고 정량적인 방법에 대한 연구도 필요할 것으로 보인다. 또한 통증의 정도를 측정하는 것도 관절염에 대한 치료효과에 기여를 할 것으로 보인다. 차후에, 고전압 맥동 전류와 초음파 자극의 치료에 있어서 다양한 범위의 파형, 주파수, 강도 등의 전기적 특성에 따른 관절염에 부종 감소 효과와 혈류량 억제 효과의 차이에 관한 연구가 이루어져야 하며, 관절염에 다양하고 객관적인 측정방법의 연구 또한 필요할 것이다.

## V. 결론

Sprague-Dawley계 암컷 흰쥐 24마리를 Complete Freund's Adjuvant(CFA) 모델인 Mycobacterium Butyricum을 우측 뒷다리 발바닥에 마리당 .1 ml씩 1회 투여하여 관절염을 유발시켰다. CFA 투여 2주 후에 염증성 부종과 관절염을 확인한 후에 허위로 초음파 치료를 한 대조군(n=8)과 1 MHz의 빈도에 .5 W/cm<sup>2</sup>의 강도와 1:4 비율의 단속형 초음파 투여군(n=8)과 120 pps, 50  $\mu$ s, 20 mA 강도의 고전압군(n=8)에 2주간 치료를 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 부종 측정에서 우측은 9, 12, 14일째 세 군 사이에 다소 유의한 차이를 보였고(p<.05), 대조군에 비해 9일째에 고전압군에서 유의하게 감소를 보였고(p<.01), 12째는 초음파군에서 다소 유의한 차이를 보였고(p<.05), 고전압군에서 유의한 감소를 보였다(p<.01). 14일째에 초음파군에서는 대조군에 비해 유의한 차이를 보였고(p<.01), 고전압군에서는 매우 유의한 차이를 보였다(p<.001). 좌측 뒷다리는 12, 14일째 세 군 사이에 다소 유의한 차이가 있었고(p<.05), 대조군에 비해 12일째에 고전압군에서 다소 유의한 차이를 보였으며(p<.05), 14일째는 초음파군에서 다소 유의한 차이를(p<.05), 고전압군에서 유의한 부종감소 효과가 있었다(p<.01). 그러나 초음파군과 고전압군에서는 유의한 차이가 없었다.

2. 혈액 측정에서 초음파군과 고전압군 간에는 유의한 차이가 없었다. 그러나 치료 전, 후 비교 시에 초음파군과 고전압군에서 백혈구의 다소 유의한 감소효과를 보였다(p<.05).

3. 방사선 점수는 초음파군과 고전압군에서 대조군에 비해 관절염의 정도가 낮은 수치를 보였지만 통계적인 유의성은 없었다.

4. 병리학적 소견에서, 대조군에 비해 초음파군과 고전압군과 효과적으로 관절 연부조직의 염증과 관절의 침습을 효과적으로 억제하였다. 그러나 치료 군 간에는 차이를 보이지 않았다.

상기 결과에서 초음파군과 고전압군 사이에 유의한 차이는 나타나지 않았지만, 두 치료군 모두 대조군에 비해서는 관절염의 부종과 염증을 억제하는데 효과적임을 알 수 있었다.

## 인용문헌

- 김식현. 고압맥동 평류자극이 가토 상처 치유에 미치는 영향. 대구대학교 대학원, 1995.
- 김연정, 김철용, 홍주완. 고전압 전기 자극의 부종 감소 효과. 한국전문물리치료학회지. 1994;1(1):61-66.
- 김진호, 한태륜. 재활의학. 군자출판사, 서울, 1997:27-40.
- 이재형. 전기치료학. 대학서림, 1995:491-539.
- 허혜경. 관절염 환자의 통증. 류마티스건강학회지. 1997;4(1):115-124.
- Anderson DW, Barrett JT. Depression of phagocytosis by ultrasound. *Ultrasound Med Biol*. 1981;7(3):267-273.
- Bettany JA, Fish DR, Mendel FC. Influence of high voltage pulsed direct current on edema formation following impact injury. *Phys Ther*. 1990;70(4):219-224.
- Carey LC, Lepley D Jr. Effect of continuous direct current on healing wounds. *Surg Forum*. 1962;13:33-35.
- Casimiro L, Brosseau L, Robinson V, et al. Therapeutic ultrasound for the treatment of rheumatoid arthritis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2002;(3):CD003787
- Chang YH, Bliven ML. Anti-arthritis effect of bee venom. *Agents Actions*. 1979;9(2):205-211.
- Cosgrove KA, Alon G, Bell SF, et al. The electrical effect of two commonly used clinical stimulators on traumatic edema in rats. *Phys Ther*. 1992;72(3):227-233.
- Fyfe MC, Chahl LA. The effects of ultrasound on experimental oedema in rat. *Ultrasound Med Biol*. 1980;6(2):107-111.
- Harris ED Jr. Rheumatoid arthritis: Pathophysiology and implications for therapy. *N Engl J Med*. 1990;322:1277-1289.
- Issekutz AC, Issekutz TB. Quantitation and kinetics of polymorphonuclear leukocyte and lymphocyte accumulation in joints during adjuvant arthritis in rat. *Lab Invest*. 1991;64(5):656-663.
- Mainardi CL, Walter JM, Spiegel PK, et al. Rheumatoid arthritis: Failure of daily heat therapy to affect its progression. *Arch Phys Med Rehabil*. 1979;60(9):390-393.
- Majno G, Shea SM, Leventhal M. Endothelial contraction induced by histamine-type mediators: An electron microscopic study. *J Cell Biol*. 1969;42(3):647-672.
- Mendel FC, Wylegala JA, Fish DR. Influence of high voltage pulsed current on edema formation following impact injury in rats. *Phys Ther*. 1992;72:668-673.
- Oosterveld FG, Rasker JJ. Treating arthritis with locally applied heat or cold. *Semin Arthritis Rheum*. 1994;24(2):82-90.
- Reed BV. Effect of high voltage pulsed electrical stimulation on microvascular permeability to plasma proteins. A possible mechanism in minimizing edema. *Phys Ther*. 1988;68(4):491-495.
- Salvador G, Gomez A, Vinas O, et al. Prevalence and clinical significance of anti-cyclic citrullinated peptide and antikeratin antibodies in palindromic rheumatism. An abortive form of rheumatoid arthritis? *Rheumatology (Oxford)*. 2003;42(8):972-975.
- Schumacher HR Jr. Synovial fluid analysis and synovial biopsy. In: Ruddy S, Harris ED Jr, Sledge CB, eds. *Kelley's Textbook of Rheumatology*. Vol 1. 6th ed. Philadelphia, WB Saunders, 2001:605-619.
- Taylor K, Fish DR, Mendel FC, et al. Effect of a single 30-minute treatment of high voltage pulsed current on edema formation in frog hind limbs. *Phys Ther*. 1992;72(1): 63-68.
- Taylor K, Mendel FC, Fish DR, et al. Effect of high-voltage pulsed current and alternating current on macromolecular leakage in hamster cheek pouch microcirculation. *Phys Ther*. 1997;77(12):1729-1740.
- ter Haar G. Therapeutic ultrasound. *Eur J Ultrasound*. 1999;9(1):3-9.
- Trentham DE, Townes AS, Kang AH. Autoimmunity to type II collagen an experimental model of arthritis. *J Exp Med*. 1977;146(3):857-868.
- Ytterberg SR, Mahowald ML, Krug HE. Exercise for arthritis. *Baillieres Clin Rheumatol*. 1994;8(1):161-189.
- 
- |         |              |
|---------|--------------|
| 논문접수일   | 2006년 5월 30일 |
| 논문게재승인일 | 2006년 7월 31일 |