

간섭전류와 초음파가 만성 배근 통증을 가진 환자의 통증과 관절가동범위에 미치는 영향

■ 박정서, 이정우¹, 이지연²

영동대학교 물리치료학과; ¹광주여자대학교 물리치료학과; ²안동과학대학 물리치료과

The Effects of IFC and Ultrasound on the ROM and Pain in Patients with Chronic Back Pain

Jung-Seo Park, PT; Jeong-Woo Lee, PT, PhD¹; Ji-Yeun Lee, PT²

Department of Physical Therapy, Youngdong University; ¹Department of Physical Therapy, Kwangju Women's University; ²Department of Physical Therapy, Andong Science College

Purpose : The purpose of study was to better understand the effects of Interferential Current (IFC) and Ultrasound on the ROM and pain in patients with chronic back muscle pain.

Methods : Twenty patients with chronic back pain were randomly assigned to IFC stimulation groups and Ultrasound stimulation groups. Both groups used the same method for 20 minutes each session, three times a week for 4 weeks at the same time point and with the same amount of treatment. Measurement items are visual analogue scale (VAS) and range of motion (ROM).

Results : This study showed that the IFC stimulation group and the ultrasound stimulation group demonstrated significant improvement in ROM increase and pain reduction. Both groups showed a significant reduction in VAS; however, the ultrasound stimulation group decreased more than ultrasound stimulation group. And, both groups showed a significant increase in ROM. The ultrasound stimulation group increased significantly more than the IFC stimulation group in ROM of flexion and extension. The IFC stimulation group increased significantly more than the ultrasound stimulation group in ROM of lateral flexion.

Conclusion : Pain relief was more effective in the ultrasound group. The ultrasound showed a more significant effect than IFC in ROM of flexion and extension. The IFC showed a more significant effect than ultrasound in ROM lateral flexion. The results of this study suggest that the treatment effects are different on patients with chronic back pain, according to treatment methods.

Key words : Interferential current, Ultrasound, Pain, ROM

논문접수일 : 2011년 4월 29일

수정접수일 : 2011년 5월 23일

게재승인일 : 2011년 6월 9일

교신저자 : 이지연, pt0601@nate.com

1. 서론

일반적으로 통증은 정의를 인체에서 일어나는 방어 반사기전으로 매우 복잡하고 주관적인 경험이라고 할 수 있다.¹ 통증은 누구나 삶을 영위해 가는 도중 경험하게 되며, 병원을 찾는 원인 질환 중 감기 다음으로 흔한 질환이다. 또한, 통증은 사람의 행동을 변화시킬 수 있는 막강한 힘을 가지고 있으며, 나이가 사람으로 하여금

두려움을 갖게 하고, 통증은 오랫동안 지속되면 우울증을 초래한다. 극단적으로 통증을 겪는 사람은 살고자 하는 의지를 상실할 수도 있다. 이처럼 통증은 어느 것보다 바람직하지 못한 경험이며, 수많은 사람의 삶을 심각하게 방해 한다.² 특히 만성통증이나 지속적인 통증이 환자에게는 가장 주요한 문제가 되며, 의료계와 아울러 사회집단에 중대한 사회 경제적 부담을 주기도 한다.³ 이러한 통증을 관리하기 위해 지난 수십 년 동안 통증 관리에 대한 접근

방법은 약물치료, 정신치료, 수술적 치료, 운동치료, 물리치료 등 새롭게 발달되어 왔는데,⁴ 이런 치료법들 중에서 전기를 이용한 통증치료는 18세기와 소개 되어, 현재에도 물리치료에서는 통증완화를 위해 전기치료장비들이 활용되고 있다.⁵

다양한 전기치료 방법은 근골격계의 문제와 신경학적 문제의 다양한 범위에 걸쳐 중재의 역할을 담당하고 있는데,⁶ 근육에 전기자극을 하면 근육의 대사 활동에 효과를 미치며 혈액순환과 근육의 활성을 증가시킬 수 있다.⁷

전기자극 방법의 하나인 간섭전류(interferential current, IFC) 자극은 임상적으로 통증 조절을 위해 사용되었으며 경피신경전기 자극기(transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS)나 여타 다른 전기치료기구와는 달리 피부저항 및 피하조직의 저항이 낮아 전류 통전 시 통증 및 불쾌감이 없고, 화상의 위험이 거의 없으며, 특정 부위에 전류가 깊이 침투할 수 있는 특징이 있다.⁸ 또한, 혈관확장과 혈류증진을 유발시켜 진통작용, 부종완화, 염증완화, 조직치유촉진 등의 효과가 있기 때문에 다양한 통증 조절의 목적으로 사용되고 있다.⁹

또 다른 전기자극 방법인 초음파자극(ultrasound)은 인간의 귀로 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 있는데, 열효과는 표면 조직에서는 초음파 에너지의 열전환이 적지만 근육층에서 많은 양의 초음파 에너지가 열에너지로 전환되어 심부 근육층에 열발생이 일어나게 된다. 이런 초음파의 적용은 심부 근육을 비롯해 인대, 관절주머니, 윤활액 등 관절 및 주위조직을 치료하는데 매우 유용하다.¹⁰

따라서 본 연구에서는 전기자극에 대한 치료효과의 유무를 확인함으로써 앞으로 임상에서 전기치료 분야에 도움이 되고자, 배근 부위에 만성통증을 지닌 환자에게 임상에서 사용이 간편하고 통증완화에 일차적으로 좋은 치료 방법인 간섭전류자극 치료법과 초음파 치료법이 환자의 치료경과에 다른 관절가동범위와 통증감소에 미치는 효과에 대해 알아보려고 본 연구를 시행하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 충남 지역 00병원에서 배근의 만성통증으로 내원하는 환자 20명을 대상으로 실시하였으며, 대상자 모두에게 실험 전에 실험과정에 대한 사항들을 자세히 설명한 후 동의를 얻

었으며, 실험과정 중에 어떠한 약물이나 치료적 중재도 하지 않도록 주의를 주어 연구를 진행하였다. 20명의 대상자들을 간섭파전류자극(IFC)군과 초음파(ultrasound)군으로 각각 10명씩 무작위로 나누었으며, 대상자들의 일반적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자들의 일반적 특성

특성	IFC군	Ultrasound군
나이(세)	42.6±0.2	42.1±10.2
신장(cm)	163.4±4.4	170.1±3.1
체중(kg)	70.2±1.1	68.6±4.2

평균±표준편차

2. 실험방법

1) 간섭전류 적용방법

간섭전류자극은 간섭전류치료기(DUODUNATOR 829/NEOSERV 824, SIMENS, 독일)를 사용하여, 환자를 엎드린 자세(prone position)를 하게 한 후, 2개의 서로 다른 정현파 파동의 가중에 의해 형성되는 진폭변조 현상을 이용한 맥놀이 간섭전류로, 운송주파수(carrier frequency)인 4000Hz와 회로 2의 4100Hz 상이의 주파수를 주기적으로 변화시키면서 2.5~25Hz로 넓은등근(latissimus dorsi)에 20분간, 주 6일, 4주간 실시하였다. 강도는 직경이 큰 A-8섬유와 직경이 작은 C섬유가 전달세포(transmission cell)에 반응을 일으켜 관문의 역할을 하는 교양질에 자극을 주는 관문조절설을 근거로 하여, 통증을 유발하지 않는 범위에서 감각 역치의 세배 정도의 강도로 실시하였다.¹²

2) 초음파 적용방법

초음파 적용은 초음파 치료기기(ST-10A, StraTek, 대한민국)를 사용하였으며, 대상자의 자세는 간섭전류자극과 동일한 자세에서 실시하였다. 초음파 도자의 빔비균질비(BNR)는 5~6:1로, 초음파 용 겔(raphasonic, caremate company, 대한민국)을 이용하여 좌측과 우측의 넓은등근(latissimus dorsi)에 각각 주파수 1MHz, 강도 1.5W/cm²로 5분 동안 적용하였다. 이때 도자는 초당 약 2.5cm의 원형이동법으로 적용하였고, 적용 기간은 주 6일, 4주간 실시하였다.

3. 측정방법

1) 통증지수의 변화

통증지수의 변화를 알아보기 위하여 VAS (10cm horizontal

Visual Analogue Scale)를 이용하였으며, 다음과 같은 절차에 의해 시행되었다.

(1) 10cm의 수평선을 환자에게 보여주고 수평선의 한 쪽 끝은 통증이 전혀 없는 상태이고 반대편 끝은 견딜 수 없을 만큼 아픈 상태로 가정하여 자신의 통증 정도를 수평선 위에 표시하도록 하였다.

(2) 측정자는 환자에게 “0은 전혀 아프지 않은 상태이고 10은 견딜 수 없을 정도로 아픈 상태입니다. 자신이 아픈 정도에 해당하는 위치에 펜으로 표시하여 주십시오.”라고 설명하고 환자가 스스로 표시하였다.

(3) 측정은 2인의 측정자에 의해 독립적으로 진행되었고 자료값은 주측정자의 측정값을 선택하였다. 측정자간 신뢰도는 SPSS를 사용하여 피어슨상관계수(Pearson productmoment coefficient of correlation)을 구하였다. 신뢰도 계수 r은 0.99였다.

2) 관절가동범위

측정기기는 전자 관절가동범위 측정기인 Dualer IQ (JTECH Medical, 미국)을 이용하여 능동 관절가동범위 (flexion/extension/, right·left lateral flexion)를 측정하였다.

두 개의 센서 중에서 첫 번째 센서는 흉추 1번의 위치에 부착하고, 남은 두 번째 센서는 흉추 12번의 위치에 놓이게 부착한 다음 환자는 가장 편안한 기립 자세에서 상체를 똑바로 세운 후 관절가동동작을 차례대로 측정된 값을 수치화 하였다.

4. 자료분석

연구결과에 대한 자료분석은 SPSS 12.0 for Window version을 이용하여 통계 처리 하였다. 각 군에서 치료 전, 후 변화에 대한 차이는 윌콕슨 부호 순위검정(Willcoxon signed rank test)를 실시하였고, 두 군간 측정항목에 대한 변화량의 차이는 맨-휘트니 검정(Mann-Whitney U test)을 실시하였다. 통계적인 유의 수준 α 는 0.05으로 정하였다.

III. 연구결과

1. VAS의 변화

4주간의 치료 적용 후 IFC군과 Ultrasound군 모두 VAS의 변화가 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$)(표 1). 또한, 두 군 간 통증 지수 변화량의 차이에서도 통계적으로 유

의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$)(표 2).

표 1. 치료전 후 VAS의 변화

그룹	치료 전	치료 후	z	p
IFC군	7.20±0.44	4.31±1.28	0.910	0.03
Ultrasound군	7.88±3.41	5.02±3.22	0.625	0.04

평균±표준편차

표 2. 군 간 VAS의 차이비교

	IFC군	Ultrasound군	p
변화량	0.42±2.20	4.25±1.33	0.04

평균±표준편차

2. 관절가동범위의 변화

4주간의 치료 적용 후 IFC군과 Ultrasound군 모두 관절가동범위의 변화가 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$)(표 3). 또한, 두 군 간 관절가동범위 변화량의 차이에서도 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$)(표 4).

표 3. 치료 전후 관절가동범위의 변화

그룹	관절가동범위	치료 전	치료 후	z	p
IFC군	Flexion	30.33±2.11	43.65±8.71	-2.496	0.00
	Extension	3.11±1.69	10.19±3.22	-1.001	0.05
	Rt. Lateral flexion	12.22±5.32	20.31±6.30	-1.041	0.04
	Lt. Lateral flexion	10.42±6.30	15.10±4.44	-1.209	0.04
Ultrasound군	Flexion	28.12±4.51	37.17±1.69	-1.891	0.01
	Extension	5.61±1.66	9.44±2.22	-0.454	0.02
	Rt. Lateral flexion	10.68±0.12	17.48±7.71	-1.119	0.03
	Lt. Lateral flexion	9.39±1.52	14.89±5.3	-1.041	0.03

평균±표준편차

표 4. 군 간 관절가동범위의 변화 차이비교

	관절가동범위	IFC군	Ultrasound군	p
변화량	Flexion	7.12±2.20	15.39±8.71	0.02
	Extension	5.61±1.69	7.19±3.22	0.05
	Rt. Lateral flexion	12.22±5.32	7.31±6.30	0.04
	Lt. Lateral flexion	9.44±6.30	5.10±4.44	0.04

평균±표준편차

IV. 고찰

통증은 불쾌, 고통, 통각 등을 포함한 주관적, 복합적인 현상이며, 상해 또는 조직파괴를 유발시키는 자극으로 인해 나타나는 감각적 경험을 의미하며, 이러한 통증은 인체의 관절에 통증이 동반된 환자와 심리적인 스트레스에 노출되거나, 정신적, 신체적인 문제를 갖고 있는 환자에게 주로 나타나는 것으로 알려져 있다.¹³ 또한, 통증은 관절가동범위에 영향을 미치게 되어 심각한 불편함과 일상생활에 지장을 주게 된다.¹⁴

통증은 현대사회로 들어오면서부터 통증관리에 대한 임상적인 관심이 높아지고 진단 및 치료에 관한 연구가 활발히 진행되어오고 있는데,¹⁵ 여러 통증관리 방법 중에서 전기적 자극을 이용한 치료 효과에 대한 연구는 매우 다양하다.

전기자극은 여러 가지 혈관 반응을 일으킬 수 있는데 자극 부위와 자극 특성에 따라 적절한 전기자극에 대한 혈관 반응이 나타나면서, 교감신경계의 활동 감소에 따른 혈류량 증가와 혈관에서 평활근의 자극으로 인한 혈관 확장으로 골격근을 수축시켜 직접적으로 통증 감소에 영향을 준다.¹⁶ 통증감소를 위한 전기자극 치료의 종류로는 저주파를 이용한 경피신경자극(TENS)과 중주파를 이용한 간섭전류자극(IFC), 고주파를 이용한 단파심부투입치료(SWD), 음파 진동을 이용한 초음파(US), 등이 있는데, 이런 전기 자극들은 다양한 분야에 활용되고 있다.¹⁷

본 논문에서 사용된 간섭전류자극은 간섭전류를 인체에 통전시켜 신경세포막의 흥분성에 영향을 주어 생리학적 변화를 일으킴으로써 다양한 질환의 치료에 이용되고 있다.¹⁸ 간섭전류자극을 이용한 선행연구로는, Cheing 등²⁰은 간섭전류치료와 경피신경자극치료를 성인에게 적용하여 통증 감소에 영향을 주었다고 하였으며, Kim 등¹²의 연구에서도 간섭전류자극이 경피신경자극보다 진통 지속 효과가 더 길게 나타났으며, 통증감소에도 유의한 차이가 있었다고 하였다. 또한, Cryton 등²¹은 간섭전류자극을 한 후 신진대사와 평활근 수축에도 관여하여 효과적이라고도 보고하였다. 본 연구에서도 VAS와 관절가동범위에 유의한 결과를 확인할 수 있었는데, 간섭전류자극이 초음파 자극보다 VAS에 조금 더 효과적인 것으로 나타났다. 간섭전류자극은 피부저항 및 피하조직의 저항이 낮아 전류통전 시 통증 및 불쾌감이 없고 화상의 위험이 거의 없으며 특정 부위에 전류가 깊이 침투할 수 있어, 혈관확장과 혈류증진을 유발시켜 진통작용, 부종완화, 염증완화, 조직치유 촉진, 근 수축 유발 및 근 이완 등의 효과를 가지기 때문이라고 할 수 있다.¹⁹ Kim 등¹²의 연구에서도 근육에 통증을 지닌 20명의 환자를 대상으로 TENS와 IFC를 적용하여, IFC가 TENS보다 조금 더 유

의한 영향을 주었다고 보고하였다. 이는 IFC 적용시 피부 저항이 적으면서 심부 조직까지 자극을 줄 수 있어 관절가동범위를 포함한 통증감소에 조금 더 유의한 영향을 주었다고 생각한다. 또한, 본 연구결과와는 다르게 Park과 Lee²²는 간섭전류를 20대의 건강한 성인에게 적용한 결과 맥박수와 그 외 임상적으로도 아무런 영향을 주지 못하였다고 보고하였다. 선행연구에서 상반된 연구결과가 보고된 것은, 전기자극의 변수와 환자의 특성을 고려하지 않은 자극조건을 선택하였기 때문이라고 생각된다. 따라서, 선행연구와 본 연구의 결과들을 비교해 볼 때 간섭전류자극이 통증감소와 관절가동범위 증가에 도움을 줄 수 있음을 알 수 있었다.

간섭전류자극과 함께 본 논문에서 적용된 초음파는, 초음파 에너지를 조직에 침투하면서 분자들의 마찰에 의해서 열에너지로 전환이 되는데, 이에 따라 혈류량 증진, 생체막 투과성 증가, 신진대사 증가, 통증 역치 등의 증가로 인체에 생리학적인 효과를 줌으로써 통증완화에 큰 영향을 주고, 특히 심부 근육 및 건, 인대, 관절주머니 등 심부관절 및 관절주위 조직의 통증완화에 적합하다고 하였다.²³ 초음파 적용에 관하여 Falconer 등²⁴은 인체에 초음파를 적용하여 근, 골격계 통증에 유의한 차이가 있음을 보고하였고, Shanks 등²⁵의 고찰 연구에서도 초음파의 적용이 인체 적용에 긍정적인 영향을 미친다고 하였다. 또한, Carstensen 등²⁶의 연구에서도 통증 완화의 효과 외에도 세포의 대사활동이 촉진되어 골절치유가 촉진된다고 보고되었다. 본 연구결과와 유사한 선행연구로써, Lee 등²은 등세모근(trapezius) 통증을 지닌 20명의 환자들에게 저강도 초음파를 적용하여 시각사상척도와 압통 역치에 유의한 영향을 준다고 보고하였고, Yoon 등²⁷의 연구에서도 굳은어깨(frozen shoulder) 환자에게 초음파와 간섭전류자극을 적용한 결과 시각사상척도에 긍정적인 영향을 준다고 보고하였다. 이와 같은 선행 연구와 본 연구에서 보고된 초음파 치료의 긍정적인 영향은 부작용이 거의 없으면서, 초음파 에너지가 조직 온도를 상승시키면서, 통증 및 근경축을 일으키는 여러 질환에 유의한 영향을 준다고 생각된다. 특히, 관절가동범위에서는 펴(extension)과 굽힘(flexion)에서 초음파 치료가 효과적인 것으로 나타난 것은, 인체의 기본 수행 동작인 펴와 굽힘에 중요한 영향을 줄 수 있으며, 여러 질환으로 인해 제한을 받는 많은 대상자들에게 긍정적 영향을 줄 것이라 생각된다.

본 연구에서의 제한점으로는 만성적인 배부(dorsal)에 통증이 있는 환자들로 한정하였으므로, 이를 모든 환자들에게 확대해석하기는 어렵다는 문제점과, 연구기간이 4주였으므로, 추후 장기간 치료적용에 따른 연구결과가 필요하다고 생각된다. 또한, 향후에는 간섭전류 및 초음파 치료를 좀 더 다양한 환자를 대상으로 한 연구

가 필요하다고 생각되며, 더 나아가 각 치료 모두 좀 더 다양한 매개변수를 조절 한 연구도 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구에서는 간섭전류자극과 초음파자극을 4주간 적용하여 통증과 관절가동범위에 긍정적인 영향을 미치고 있음을 확인하였다. 연구 결과를 바탕으로 임상에서 통증감소를 위한 환자 치료 시 두 가지 방법 모두 효과가 있었지만 초음파 자극보다 간섭전류자극이 조금 더 유의한 효과를 줄 것이라 생각되고, 관절가동범위 증가를 위한 치료 시 간섭전류자극이 초음파 치료보다 효과적이지만 일상 생활에 흔히 사용되는 전방굽힘 치료시에 초음파 자극이 더 효과적이라 생각된다. 따라서 간섭전류자극치료와 초음파자극 치료는 통증완화에 도움을 줄 뿐만 아니라, 대부분의 관절가동범위를 향상시키므로 앞으로 임상에서 배근의 만성통증환자 치료 시 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Lee JO, Choi JD, Jung NS et al. The effects of low-intensity ultrasound (noble life) on pain relief of upper trapezius. *Journal of the Korean Academy of university trained physical therapists*. 2002;9(2):97-105.
2. Okeson JP. *Bell's orofacial pains: The clinical management of orofacial pain*. 6th ed, Chicago, 2005:Quintessence, 3.
3. Simpson KH, Dickman A. *Chronic pain*. USA, Oxford, University Press, 2008:1-14.
4. McCreary C, Turner J, Dawson E. Principal dimensions of the pain experience and psychological disturbance in chronic low back pain patients. *Pain*. 1981;11(1):85-92.
5. Kim SH. *Electrical modalities and pain control*. Journal Collection of Kaya University. 2007;16:119-131.
6. Park RJ. A study on treatment effect of electrical stimulation. *Journal of Rehabilitation Science*. 1993;11(1):67-77.
7. Aitman TJ, Hudlicka O, Tyler KR. Long-term effects of tetanic stimulation on blood flow, metabolism and performance of fast skeletal muscle [proceedings]. *J Physiol*. 1979;295:36-37.
8. Ward AR, Robertson VJ, Makowski RJ. Optimal frequencies for electric stimulation using medium-frequency alternating current. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83(7):1024-1027.
9. Goats GC. Interferential current therapy. *Br J Sports Med*. 1990;24(2):87-92.
10. Behren BJ, Michlovitz SL. *Physical Agents: Therapy and Practice*. F.A. Davis CO. 1996:81-113.
11. Kahn J. *Principle and practice of electrotherapy*. 3rd ed, New York, Churchill Livingstone. 1994:57.
12. Kim MJ, Lee JH, Choi WH. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and interferential current on myofascial pain syndrome. *Journal of the Korean Academy of Clinical Electrophysiology*. 2004;2(1):1-8.
13. Makela M, Heliovaara M, Sievers K et al. Prevalence, determinants, and consequences of chronic neck pain in Finland. *Am J Epidemiol*. 1991;134(11):1356-1367.
14. Bland JH. *Disorder of the cervical spine*, 2nd ed, Philadelphia, W.B Saunders. 1987:5-15.
15. Han TR, Kim JH, Choi KH et al. Shoulder function test in myofascial pain syndrome. *J Korean Acad Rehab Med*. 1995;19(2):368-374.
16. Park YH. A study on the improving effect of the peripheral blood circulation by the interferential current stimulation. Daegu University. Dissertation of Doctorate Degree. 2004.
17. Park RJ. *Electrotherapy*. Seoul, Hyunmoonsa. 2009:2.
18. Nikolova L. *Treatment with interferential current*. New York, Churchill Livingstone, Edinburgh. 3, 1987:1-15.
19. Goats GC. Interferential current therapy. *Br J Sports Med*. 1990;24(2):1332-1342.

20. Cheing GL, Hui-Chan CW. Analgesic effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and interferential currents on heat pain in healthy subjects. *J Rehabil Med.* 2003;35(1):15-
21. Crayton SC, Aung-Din R, Fixler DE et al. Distribution of cardiac output during induced isometric exercise in dogs. *Am J Physiol.* 1979;236(2):H218-24.
22. Park JS, Lee JH. Effects of interferential current stimulation on the peripheral blood velocity in healthy subject. *J Kor Soc Phys Ther.* 1999;11(2):37-42.
23. Lee JH. *Clinical Electrical therapy.* Seoul, Daihak Publishing Company. 1998;491.
24. Falconer J, Hayes KW, Chang RW. Therapeutic ultrasound in the treatment of musculoskeletal conditions. *Arthritis Care Res.* 1990;3(2):85-91.
25. Shanks P, Curran M, Fletcher P et al. The effectiveness of therapeutic ultrasound for musculoskeletal conditions of the lower limb: A literature review. *Foot (Edinb).* 2010;20(4):133-139.
26. Carstensen EL, Child SZ, Norton S et al. Ultrasonic heating of skull. *J Acoust Soc Am.* 1990;87(3):1310-1317.
27. Yoon JG, Park HJ, Chung BI. Comparison of the mulligan method and electrotherapy in pain reduction and ROM increase in patients with frozen shoulder. *Journal of Korean Academy of University Trained Physical Therapists.* 2000;7(2):66-75.