

초음파 도자를 쥐는 방법이 팔 근육의 근활성도에 미치는 영향

최석호¹, 이충휘², 전해선², 이정원³

¹원주 세브란스 기독교병원 재활의학과, ²연세대학교 보건과학대학 물리치료학과, 보건환경대학원 인간공학치료학과,
³여주대학교 작업치료과

The Influence of the Pattern of Gripping the Ultrasound Head on the Activity of Upper Limb Muscles

Seok-ho Choi¹, MSc, PT, Chung-hwi Yi², PhD, PT, Hye-sun Jeon², PhD, PT,
Jeong-weon Lee³, PhD, PT

¹Dept. of Rehabilitation medicine, Wonju Severance Christian Hospital,

²Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Yonsei University,

Dept. of Ergonomic Therapy, The Graduate School of Health Science, Yonsei University,

³Dept. of Occupational Therapy, Yeosu Institute of Technology

Abstract

This study examined differences in the activity of upper limb muscles according to how an ultrasound head is gripped. Twenty-two adult males were participated in the study. Each participant was asked to apply ultrasound treatment on to a lump of pork meat by two different ultrasound head grip patterns: spherical and cylindrical grips. Muscle activity was measured in the extensor carpi radialis longus (ECRL), flexor carpi ulnaris (FCU), and pronator teres (PT), triceps brachii (TB), middle deltoid (MD), and upper trapezius (UT) muscles. There were no significant differences in the EMG signals of any muscle according to the ultrasound head grip pattern ($p>.05$). There were significant differences in the EMG signal of each type of muscle ($p<.05$). The EMG signal of UT was the lowest and that of TB was lower than ECRL and FCU. There were interactions between ECRL and FCU, between ECRL and PT, between FCU and ECRL, and between FCU and MD. The EMG signal of ECRL using the cylindrical head was low and that of FCU with the cylindrical head was high, while the opposite was the case with the spherical head ($p_{adj}<.05/15$). The results of this study indicate that the wrist muscles worked actively when the participants applied ultrasound therapy using both spherical and cylindrical heads. A spherical head might induce imbalanced muscle activity among the wrist muscles, leading to deviation of the wrist joint. Therefore, the cylindrical head is recommended for ultrasound therapy because it produced a constant, repeated force.

Key Words: Grip pattern; Muscle activity; Ultrasound head; Upper limb muscles.

I. 서론

지난 수십 년간의 인간공학적인 연구에도 불구하고, 근골격계 질환은 현재 산업장에서 직면하고 있는 가장 큰 건강 문제이다(Reilly, 2002). 작업 관련성 근골격계

질환(work-related musculoskeletal disorders)은 이와 관련된 노동에 의해 야기되고 악화되는 근육, 힘줄, 신경 등의 질환을 말한다. 주요한 원인으로서는 반복적 입무, 과도한 힘, 직접적인 압력, 부적절한 관절 위치, 장시간 제한된 자세 등이 있다(Bork 등, 1996).

Corresponding author: Chung-hwi Yi pteagle@yonsei.ac.kr

팔에서 발생하는 건염, 신경 압박, 통증으로 특징지어지는 증후군과 같은 특정 질환들도 작업 관련성 근골격계 질환이다(Yun 등, 2001). 팔에서 주로 발생하는 작업 관련성 근골격계 질환으로는 손목굴증후군(carpal tunnel syndrome), 팔꿈치굴증후군(cubital tunnel syndrome), 드퀘르뱅 건초염(De Quervain's tendinitis), 방아쇠손가락(trigger finger), 결절종(ganglion), 팔꿈치통증(가쪽위관절염; Tennis elbow, 안쪽위관절염; Golfer's elbow) 등을 들 수 있다(Korea Occupational Safety and Health Agency, 2004). 특히 팔 근골격계 질환은 집중적인 수공작업을 하는 노동자들에서 많이 발생한다(Rempel 등, 1998).

근골격계 질환은 특정 산업, 직업에 따라 전체 직업 평균보다 3~4배 높은 비율로 발생한다(Rempel 등, 1997). 우리나라의 경우에는 제조업(49.58%), 광업(23.39%), 운수창고 및 통신업(3.77%), 건설(3.14%), 보건 및 사회복지사업(2.55%) 순으로 조사되었다(Korea Occupational Safety and Health Agency, 2005). 보건의료 분야에서 근골격계 질환의 발병률이 낮게 보고되는 이유는 이에 대한 연구의 부족 때문이다(Reilly, 2002).

Cromie 등(2000)은 미국 물리치료사의 91%가 근골격계 질환을 한번 이상 경험하였으며, 6명 중 1명은 이로 인해 치료 분야를 바꾸거나 이직을 했다고 보고하였다. Hong(2004)은 물리치료사들의 근골격계 질환 호소율이 56.7%였으며, 부위별로 허리(29.4%), 어깨(29.2%), 손/손목/손가락(18.7%), 목(15.9%), 다리/발(12.0%), 팔/팔꿈치(10.0%) 순으로 보고하였다.

팔의 사용에 있어 누적 손상성 질환을 일으킬 수 있는 주요한 생체역학적 위험인자로는 반복, 힘(force), 부적절한 자세(awkward postures), 정적인 자세(static postures), 동적인 요소들(dynamic factors), 기계적인 압박(mechanical compression), 그리고 진동을 들 수 있다(Sanders, 2004). 특히 물리치료사에서는 작업부하와 관련된 위험요소가 팔 근골격계 질환의 높은 발병과 관련이 있다고 하였으며, 작업부하와 관련된 세부요인들로 동일 작업 반복 정도, 하루 치료하는 환자 수, 치료 스케줄, 그리고 휴식의 정도 등을 들 수 있다(Cromie 등, 2000; Kim, 2005; Hong, 2004).

물리치료사가 물리치료를 시행하는 동안 팔에 근골격계 질환을 일으킬 수 있는 행위로는 관절 가동 기법(joint mobilization), 도수교정(manipulation) 및 초음파 등의 열전기 치료를 들 수 있다(Kim, 2005; Hong,

2004). Kwon와 Kim(2001)은 전기치료기를 사용하는 치료사들 중 92.3%가 업무관련 불편함을 느낀 적이 있고, 69.2%가 이로 인해 업무에 방해를 받은 적이 있다고 하였다. 특히 초음파 치료는 치료 시에 요구되는 빠르고 반복적인 팔 동작으로 인해 근골격계 질환을 일으킬 수 있다(Kim, 2005).

Kuorinka와 Forcier(1995)는 쥐는 힘에 영향을 주는 외적인 힘과 관련된 요인으로서 쥐는 방법과 손잡이의 크기에 의한 부적절한 자세를 예로 들었다. 쥐는 도구의 형태나 도구에 가해지는 힘은 의도하고자 하는 동작과 도구의 크기, 무게, 모양에 따라 결정된다(Buchholz 등, 1988). 쥐는 도구의 형태가 근육의 근활성도에 주는 영향에 관한 연구들(Lee 등, 1996; Potvin 등, 2004)이 있었으나, 대부분의 선행 연구들은 산업장에서 사용되는 공구 등을 대상으로 하거나 소수의 특정 근육에만 초점을 두었으며, 물리치료사들에게 있어 초음파 도자의 쥐는 방법이 물리치료사들의 팔 근육의 근활성도에 어떠한 영향을 주는지에 관한 연구가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 초음파 치료를 하는 동안 원주형 도자와 구형 도자를 사용할 때 팔의 여러 근육에서 생긴 근활성도를 비교하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

연세대학교 보건과학대학 물리치료학과에 재학 중인 2~4학년의 남학생 22명이 연구에 참여하였으며, 이들은 모두 초음파 치료 방법을 습득한 학생들이었다. 연구 대상자들은 연구의 목적과 방법에 대해 충분한 설명을 듣고 이해한 후 실험 참여에 동의하였다. 지난 6개월 동안 팔에 외상이나 통증을 경험한 적이 있거나 선천적인 기형, 심각한 외과적 혹은 신경학적 질환이 있었던 대상자는 제외하였다.

본 연구 대상자의 평균 나이는 24.4세, 평균 키는 173.6 cm, 평균 체중은 70.1 kg 이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (N=22)

Variable	Mean±SD	Range
Age (years)	24.4±1.7	23~26
Height (cm)	173.6±4.8	169~178
Weight (kg)	70.1±6.0	64~76

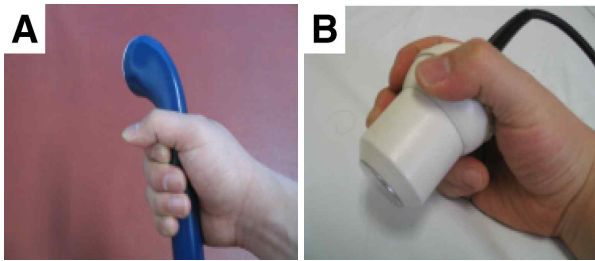


Figure 1. Ultrasound head (A: cylindrical grip, B: spherical grip).

2. 실험기기 및 도구

가. 표면 근전도 시스템

표면 근전도 자료 수집을 위해 MP100WSW(BIOPAC Systems Inc, Camino Goleta CA, USA)와 Bagnoli EMG System(Delsys, Boston, MA, USA)을 사용하였고, 팔 근육들의 근전도 신호 측정을 위해 DE-3.1 이중 차등(double differential) 표면 근전도 전극 6개와 접지 전극(ground electrode)을 사용하였다. 이중 차등 전극의 배치는 폭 1 mm, 길이 10 mm의 순은 막대 3개가 10 mm 간격으로 나란히 배열되었으며, 양쪽 끝의 두 개는 활성전극(active electrode), 가운데 하나는 기준전극(reference electrode)으로 하여 이중 차등 앰프에 연결하였다. 또한 6개 채널의 표면근전도 아날로그 신호와 MP100에서 디지털 신호로 전환된 아날로그 신호는 개인용 컴퓨터에서 Acqknowledge 3.72 소프트웨어를 이용하여 자료를 수집하였다.

근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1000 Hz로 설정하였고, 주파수 대역폭(bandwidth)은 Bagnoli EMG System의 측정 주파수 대역 필터인 20~450 Hz로 정하였으며, 60 Hz 노치 필터(notch filter)를 사용하였다. 초음파 치료를 하는 동안의 각 팔 근육별 근전도 신호를 제곱 평균 제곱근법(root mean square; RMS) 처리하여 아스키(ASCII) 형태로 전환하여 분석하였다.

나. 초음파 치료기기

초음파 치료를 위해 원주형 쥐기(cylindrical grip) 형태와 구형 쥐기(spherical grip) 형태의 도자를 이용하였다. 원주형 도자(Figure 1A)는 SONICATOR 706(Mettlere Electronics Corp, Anaheim CA, USA) 모델을 사용하였으며, 손잡이의 길이는 12 cm, 접촉면의 지름은 4.5 cm이었다. 구형 도자(Figure 1B)는 Sonostat 833(SIEMENS, Munich, Germany) 모델을 사용하였으

며, 접촉면의 지름은 3 cm이었다.

다. 전자 저울

치료 중 도자에 가해지는 압력을 측정하기 위해 전자저울을 사용하였다. 전자저울은 1 g 단위로 측정이 가능하며, 새로운 물체를 얹어 놓은 상태에서 영점 조정이 가능한 것이었다. 측정 시 무게의 변화는 디지털 계기판으로 실시간 변화를 숫자로 볼 수 있는 것이었다.

라. 돈육

초음파 치료를 위해 돈육을 사용하였다. 돈육의 크기는 가로, 세로, 높이 각각 15×15×5 cm이었다.

3. 실험방법

가. 근전도 전극 부착

연구자는 대상자에게 실험절차에 대해 충분히 설명하였다. 초음파 치료 중에 나타나는 팔근육의 근활성도를 측정하기 위해 긴노쪽손목폽근(extensor carpi radialis longus; ECRL), 자쪽손목굽힘근(flexor carpi ulnaris; FCU), 원엷침근(pronator teres; PT), 위팔세갈래근(triceps brachii; TB), 가운데 어깨세모근(middle deltoid; MD), 위쪽등세모근(upper trapezius; UT)에 전극 부착을 하였다(Cram 등, 1998)(Table 2). 부착 전에 표면근전도 신호에 대한 피부저항을 감소시키기 위해 부착부위를 가는 사포로 3~4회 문질러 피부 각질층을 제거하고, 소독용 알코올로 피부지방을 제거한 후, 전극 부착부위를 유성펜으로 작게 표시하였다. 표시된 부위를 기준으로 하여 맨손근력검사의 최대 근수축시 뚜렷이 보이는 근육에 근전도 전극 부착부위를 최종적으로 표시하였다. 소량의 전해질 겔(electrolytic gel)을 바른 표면전극을 피부에 부착하였고, 접지전극(ground electrode)은 도자를 권 반대쪽 손목에 부착하였다.

나. 실험 과정

초음파 치료기의 도자 쥐는 방법 별로 초음파 치료를 하는 동안 나타나는 팔 근육의 근활성도를 측정하였다. 치료 면의 높이는 연구 대상자의 손허리손가락 관절(metacarpophalangeal joint) 높이로 정하였다(Figure 2A). 초음파 치료에서 도자를 움직이는 기법은 이동법(원형법)으로, 도자를 움직이는 속도는 4 cm/초

Table 2. The attachment places of EMG electrode on each muscle

Muscle	The attachment places of EMG electrode
Extensor carpi radialis longus	Approximately 5 cm distal from the lateral epicondyle of the elbow
Flexor carpi ulnaris	The medial (little finger) aspect of the forearm, approximately 2% of the distance from the elbow to the wrist
Pronator teres	The middle of the ventral aspect of the forearm just below the elbow
Triceps brachii	2 cm medial from midline of the arm, approximately 50% of the distance between the acromion and the olecranon or elbow
Middle deltoid	The lateral aspect of the upper arm, and approximately 3 cm below the acromion
Upper trapezius	Along the ridge of the shoulder, slightly lateral to and one-half the distance between the cervical spine at C7 and the acromion

(Cameron, 1999)로, 도자에 가해지는 압력은 600 g(Klucinec. 등, 1997) 으로 정하였다. 전자저울 위에 있는 돈육에 도자의 무게를 더해 영점 조절한 뒤, 저울 위에 놓여 있는 돈육에 식자재용 포장비닐(wrap)을 씌우고 그 위에 초음파 치료 부위에 해당되는 부분을 치료에 길잡이 역할을 하도록 유성펜으로 그려 놓았다(Figure 2B). 연구 대상자의 치료 자세는 바로 선 자세에서 실시하였고, 도자를 왼 쪽 팔이 치료 부위와 동일 선상에 놓이도록 하였다. 대상자는 '시작' 명령 후, 3분간 치료를 실시하였고, 대상자가 도자를 누르는 압력은 기준을 600 g으로 정하고 200 g 오차까지 허용하였다. 근전도 신호는 처음의 2분을 제외한 마지막 1분 동안 측정하여 자료 분석에 사용하였다. 2가지 도자의 쥐는 방법 별로 각각 3회씩 반복측정하였으며, 측정순서는 무작위로 정하였다(Figure 3A)(Figure 3B). 또한 연속적인 측정으로 인해 발생할 수 있는 근피로를 최소화하기 위해서 각 측정 간에 3분 동안 휴식을 취하였다.

다. 최대 등척성 수축 근전도 신호량 측정
 긴노쪽손목평근, 자쪽손목굽힘근, 원옆침근, 위팔세갈



Figure 2. Treatment setting (A: the height of treatment table, B: treatment site).

래근, 가운데 어깨세모근, 위쪽등세모근의 근활성도를 표준화하기 위해 맨손근력검사 자세에서 최대 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC) 시 각 근육의 근활성도를 3회씩 반복측정하였다. 5초 동안의 자료값을 수집하여 RMS 처리한 후, 처음과 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 100 %MVIC로 사용하였다.

4. 분석방법

도자의 쥐는 방법 별로 팔 근육의 근활성도에 미치는 영향을 알아보되 도자의 쥐는 방법과 근육이 서로 상호작용이 있는지 여부를 동시에 고려하기 위해 반복 측정된 이요인 분산분석(repeated two-way ANOVA)을 실시하였고, 원주형 및 구형 도자를 적용할 때 각각의 팔 근육의 근활성도 비교를 위해 짝비교 t-검정(paired t-test)을 하였다. 유의성 검정을 위한 유의수준 $\alpha=.05$ 로 정하였고, 사후 검정을 위하여 본페로니(Bonferroni) 수정법을 사용하였다. 자료의 통계처리를 위하여 상용 통계프로그램인 SPSS ver. 12.0 프로그램을 사용하였다.

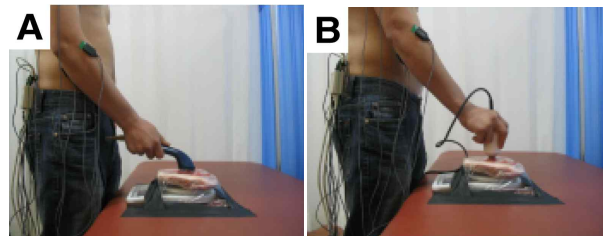


Figure 3. Application of ultrasound therapy (A: cylindrical grip, B: spherical grip).

III. 결과

1. 도자의 쥐는 방법과 근육의 종류에 따른 팔 근육의 근전도 신호량(%MVIC) 비교

반복 측정된 이요인 분산분석(repeated two-way ANOVA)의 결과, 도자의 쥐는 방법에 따른 전체 근육의 근전도 신호량은 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 근육의 종류에 따른 각 근육의 근전도 신호량은 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 도자와 근육의 종류 간에 상호작용이 있었다($p < .05$)(Table 3).

근육의 종류에 따른 각 근육의 근전도 신호량은 위쪽등세모근에서 나머지 모든 근육에서 보다 낮았으며, 위팔세갈래근에서 긴노쪽손목뾰근과 자쪽손목굽힘근에서 보다 낮았다($p_{adj} < .05/15$)(Table 4).

2. 도자의 쥐는 방법과 근육의 종류 간의 상호작용

반복 측정된 이요인 분산분석의 결과에서 도자의 쥐는 방법과 근육 종류 간에 상호작용이 있었다($p < .05$). 긴노쪽손목뾰근은 자쪽손목굽힘근과 원옆침근 사이에서, 자쪽손목굽힘근은 긴노쪽손목뾰근과 가운데어깨세모근 사이에서 상호작용이 있었다(Figure 4). 긴노쪽손목뾰근의 근전도 신호량은 원주형일 때 낮았으나 구형일 때 높았으며, 자쪽손목굽힘근의 근전도 신호량은 원주형일 때 높았으나 구형일 때 낮았다.

3. 도자의 종류에 따른 각 근육의 근전도 신호량(%MVIC) 비교

각 근육에 대한 도자 간의 차이를 비교하기 위해 짝 비교 t-검정을 실시하였다. 원주형 및 구형 도자를 이용하여 초음파 치료를 할 때 나타나는 각 근육의 근전도 신호량은 원주형에서 긴노쪽손목뾰근은 낮았고 자쪽손목굽힘근은 높았으며, 구형일 때 원주형과 반대였다($p_{adj} < .05/15$). 원옆침근, 위팔세갈래근, 가운데어깨세모근, 위쪽등세모근에서는 도자 간에 유의한 차이가 없었다($p_{adj} > .05/15$)(Table 5)(Figure 5).

IV. 고찰

물리치료사들에 있어 작업관련성 근골격계 질환은 빈번히 발생되고 있다. Cromie 등(2000)은 작업관련성

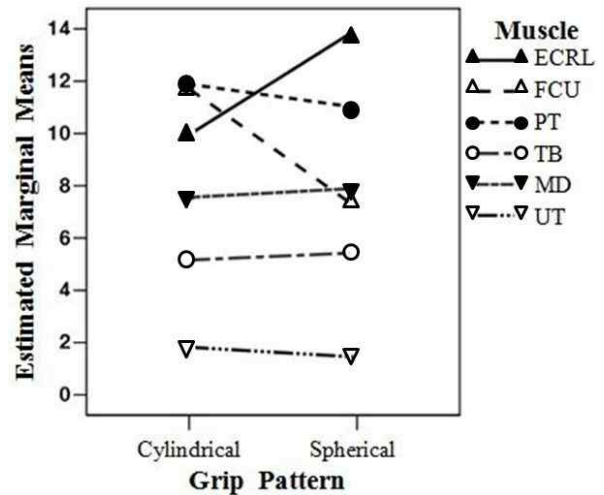


Figure 4. The interaction between how to grip and each muscles (ECRL: extensor carpi radialis longus, FCU: flexor carpi ulnaris, PT: pronator teres, TB: triceps brachii, MD: middle deltoid, UT: upper trapezius).

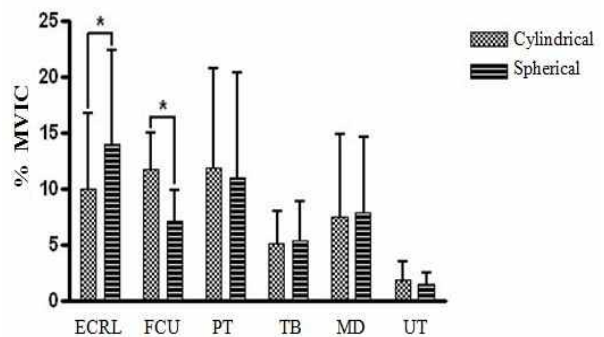


Figure 5. Comparison of EMG signals of each muscles between how to grip (ECRL: extensor carpi radialis longus, FCU: flexor carpi ulnaris, PT: pronator teres, TB: triceps brachii, MD: middle deltoid, UT: upper trapezius, * $p_{adj} < .05/15$).

근골격계 질환의 위험 요소에 대한 물리치료사들의 대응 전략으로 외부자원(outsourcing; 조력자, 물리치료 보조사)의 활용, 치료 기법 혹은 환경 수정 등의 방법을 들고 있다. 이 중에서 인간공학적 측면의 대응 전략은 치료대의 높이를 조절하는 방법 등의 정도이다. 물리치료에 있어 인간공학적 접근을 통한 근골격계 질환의 예방으로는 치료 환경의 조절, 사용하는 도구의 개선 및 대체하는 방법을 이용할 수 있을 것이다. 특히 도구의 사용이 가장 빈번한 열전기치료 분야 중 초음파 치료는 반복적인 동작과 지속적인 근육의 수축이 요구되기 때문에 작업관련성 근골격계 질환의 위험이 높다

고 할 수 있다(Kim, 2005). 현재 임상에서 사용되는 초음파 도자의 크기와 모양은 다양하다. 작업관련성 근골격계 질환의 발생이 높은 초음파 치료에서 어떠한 형태의 도자가 보다 인간공학적 설계임을 알아보기 위해 본 연구는 원주형 도자와 구형 도자를 통한 초음파 치료에

서 나타나는 긴노쪽손목평근, 자쪽손목굽힘근, 원앞침근, 위팔세갈래근, 가운데어깨세모근, 위쪽등세모근의 근활성도를 비교하였다.

실험 결과 도자의 종류에 따른 측정된 근육의 전체 근전도 신호량은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다

Table 3. Comparison of EMG signals of each muscles and how to grip

	Sum of squares	df	Mean square	F	p
Grip pattern	2.44	1	2.44	.15	.70
Muscle	3410.43	5	682.08	12.42	<.001
Grip pattern×Muscle	417.45	5	83.49	7.95	<.001

p<.05.

Table 4. Comparison of EMG signals between each muscles

Muscle	Muscle	MD*	SEM**	p	Muscle	Muscle	MD*	SEM**	p
ECRL ^a	FCU	2.54	1.56	1.00	TB ^d	ECRL	-6.67	1.36	.001
	PT	.53	2.21	1.00		FCU	-4.13	.74	<.001
	TB	6.67	1.36	.001		PT	-6.14	1.85	.05
	MD	4.24	2.20	.72		MD	-2.43	1.43	1.00
	UT	10.33	1.55	<.001		UT	3.66	.65	<.001
FCU ^b	ECRL	-2.54	1.56	1.00	MD ^e	ECRL	-4.24	2.02	.72
	PT	-2.00	1.89	1.00		FCU	-1.70	1.42	1.00
	TB	4.13	.74	<.001		PT	-3.70	2.04	1.00
	MD	1.70	1.44	1.00		TB	2.43	1.43	1.00
	UT	7.79	.56	<.001		MD	6.09	1.39	<.001
PT ^c	ECRL	-.53	2.21	1.00	UT ^f	ECRL	-10.33	1.55	<.001
	FCU	2.00	1.89	1.00		FCU	-7.79	.56	<.001
	TB	6.14	1.85	.05		PT	-9.80	1.78	<.001
	MD	3.70	2.04	1.00		TB	-3.66	.65	<.001
	UT	9.80	1.78	<.001		MD	-6.09	1.39	<.001

^aextensor carpi radialis longus, ^bflexor carpi ulnaris, ^cpronator teres, ^dtriceps brachii, ^emiddle deltoid, ^fupper trapezius, p<.05/15, *mean difference, **standard error of measurement.

Table 5. Comparison of EMG signals of each muscles between how to grip

Muscle	Grip pattern		t	p
	Cylindrical	Spherical		
ECRL ^a	9.95±6.83 ^g	13.99±8.44	-3.62	<.001
FCU ^b	11.71±3.37	7.16±2.71	5.78	<.001
PT ^c	11.88±8.87	10.99±9.36	.50	.62
TB ^d	5.16±2.86	5.44±3.46	-.59	.56
MD ^e	7.56±7.31	7.90±6.71	-.35	.72
UT ^f	1.82±1.75	1.45±1.08	1.27	.21

^aextensor carpi radialis longus, ^bflexor carpi ulnaris, ^cpronator teres, ^dtriceps brachii, ^emiddle deltoid, ^fupper trapezius, ^gmean±standard deviation, p_{adj}<.05/15.

(Table 3). 비록 팔 전체 근육의 측정을 할 수 없었지만, 도자의 종류는 달라도 팔 근육 전체의 사용에는 큰 차이가 없다는 것을 의미한다. 근육의 종류에 따른 각 근육의 근전도 신호량은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 3). 위쪽등세모근의 근전도 신호량은 나머지 모든 근육에서 보다 낮았고, 위팔세갈래근의 근전도 신호량은 긴노쪽손목뾰근과 자쪽손목굽힘근에서 보다 낮았다(Table 4). 초음파 치료는 도자의 종류 상관 없이 목과 어깨, 위팔 근육에 미치는 영향이 작다는 것을 의미하며, 상대적으로 아래팔 근육을 많이 사용한다는 것을 의미한다.

도자와 근육의 종류 간에 상호작용이 있었다(Table 3). 긴노쪽손목뾰근은 자쪽손목굽힘근과 원옆침근 사이에서, 자쪽손목굽힘근은 긴노쪽손목뾰근과 가운데어깨세모근 사이에서 상호작용이 있었다. 상호작용이 있었기 때문에 반복 측정 요인에 대한 검정이 불가능하였으므로, 짝비교 t-검정을 통해 두 도자 간의 어떠한 근육에서의 차이가 있는지를 알아보고자 하였다. 짝비교 t-검정 결과, 원주형에서 긴노쪽손목뾰근이 낮았고 자쪽손목굽힘근에서 높았으며, 구형에서 반대로 나타났다. 반면에 원옆침근, 가운데어깨세모근, 위팔세갈래근, 위쪽등세모근은 유의한 차이는 없었다(Table 5)(Figure 6). 유의성과 관계없이, 원옆침근의 경우 평균 근전도 신호량은 두 도자 모두에서 10 %MVIC를 넘는 것으로 나타났다. 다음으로 가운데 어깨세모근이 두 도자 모두에서 7 %MVIC를 넘는 것으로 나타났다(Table 5)(Figure 6). Bystrom와 Fransson-Hall(1994)은 간헐적 쥐기 수축(intermittent hand grip contraction)의 평균 수축 강도가 17 %MVIC(혹은 그 이상)를 넘는 경우와 지속적 쥐기 수축(continuous han grip contraction)의 평균 수축 강도가 10 %MVIC(혹은 그 이상)을 넘는 경우 바람직하지 않다고 하였다. 초음파 치료는 이동법의 치료기법을 사용할 경우 간헐적 쥐기 수축이 일어난다. 비록 17 %MVIC 이상의 근전도 신호량이 나타나는 경우가 적었으나, 두 도자에서 팔꿈치 관절 중심으로 아래팔 근육은 위팔 근육에 비해 높은 평균 근전도 신호량을 나타냈다. 이는 초음파 치료의 동작이 손목의 움직임과 힘을 많이 요구하는 것을 의미한다. 이로 인해 손목굴증후군(carpal tunnel syndrome; CTS)등의 질환을 일으킬 수 있다.

원주형 도자의 경우 손목을 움직이는 근육들을 골고루 쓰고 있는 반면에, 구형 도자의 경우 긴노쪽손목뾰

근을 많이 사용하는데 비해 상대적으로 자쪽손목굽힘근을 적게 사용하는 것으로 나타났다(Figure 5). 이는 손목관절의 편위(deviation)를 일으킬 위험이 높다. 본 연구에서 구형 도자는 긴노쪽손목뾰근의 보다 많은 사용으로 인해 노뻘쪽으로 편위가 일어날 수 있을 것이다. Au and Keir(2007)은 파악 작업은 편위된 자세 및 손상의 위험과 아래팔에서의 근활성도의 증가를 유발시키는 외력이 동반되어 주로 이루어진다고 하였다. Armstrong와 Chaffin(1979)은 중립 자세로부터 손목의 편위가 자주 일어날 경우, 손목에 누적손상질환(cumulative trauma disorder; CTD)이 원인이 될 수 있다고 하였다. 본 연구의 결과로 구형 도자의 장시간 반복적 사용은 손목근육의 힘줄윤활막염(tenosynovitis) 혹은 가쪽위관절염(lateral epicondylitis)을 불러일으킬 수 있다. 그러므로 반복적이고 지속적인 도자의 사용에는 손목의 편위가 적은 원주형 도자가 바람직하다고 할 수 있다.

본 실험에서는 600 g의 압력으로 도자에 압력을 가하였다. Klucinec 등(1997)은 돈육에 실시한 초음파 전도성(transmissivity) 실험에서, 600 g의 압력으로 도자에 압력을 가했을 때 가장 높은 전도성이 나타났다고 하였다. 압력 범위를 정하기 위한 사전 실험에서, 16명의 대상자들은 평균 544.3 g(표준편차: 317.5)의 압력 분포를 보였다. 만약 최대 표준편차를 고려한 861.8 g의 압력으로 초음파 치료를 한다면, 도자를 고정하기 위해 많은 파악력(grip force)을 요구하게 될 것이다. Kettle(1996)등은 손목관절의 편위가 일어날 경우 파악력의 감소가 일어난다고 하였다. 보다 많은 손목관절의 편위가 발생하는 구형 도자를 사용할 경우, 긴노쪽손목뾰근과 원옆침근에 많은 부하가 가해지므로, 많은 힘을 요구하는 작업에는 부적절할 것이다. 이를 장시간 반복적으로 사용한다면, 가쪽위관절염(lateral epicondylitis) 혹은 옆침근증후군(pronator syndrome) 등의 질환 발생률이 높아질 것으로 사료된다. 많은 힘을 요구하는 경우라면 강력파악에 해당되는 원주형 도자보다 적합하리라 사료된다.

Napier(1956)는 쥐기(grip)를 강력파악(power grip)과 정밀파악(precision grip)의 두 가지 쥐는 형태로 구분하고 정의하였다. 강력파악은 손가락의 세 관절이 모두 굴곡된 상태로, 엄지손가락은 손바닥을 향해 힘을 가함으로써 물체를 손가락과 손바닥 사이에 고정시키는 강한 동작이다. 손목은 자뻘쪽으로 편향되고 펴지며, 손가

락 굴곡근 힘줄에 힘이 가해진다. 정밀과악은 엄지와 손가락의 굴곡면 사이에 작은 물체를 다루는 정교한 조작 방식의 쥐는 형태이다. 조작범위의 증가로 인해 다양하게 손목을 위치시킬 수 있다. 손가락은 대체적으로 조금 굽혀지고, 엄지손가락은 벌어지고 마주보게 된다. 따라서 본 실험의 원주형 쥐기는 강력과악에, 구형 쥐기는 정밀과악에 가깝다고 할 수 있다. Neumann(2002)은 강력과악은 근력이 요구되는 동작에, 정밀과악은 정밀한 동작에 사용된다고 하였다. 그러므로 정밀한 동작이 아닌 일정한 힘으로 지속적인 작업을 하는 경우, 원주형 쥐기가 바람직한 것으로 사료된다.

Putz-Anderson(1988)은 잘못된 작업환경 및 작업방식과 잘못된 작업도구의 선택이 유해 작업으로 분류할 수 있는데 영향을 주는 요인이며, 이 중에서 잘못된 작업도구의 선택의 요소로서 팔과 손목의 위치, 움직임의 빈도, 작업에 요구되는 힘이 있다고 하였다. 초음파 치료를 통해 발생하는 근골격계 질환을 예방하기 위해서는 팔과 손목의 위치 변화가 작아야하며, 도자를 움직이는 속도를 줄여 움직임의 빈도를 줄여야한다. Buchholz 등(1988)은 쥐는 도구의 형태나 도구에 가해지는 힘은 의도하고자 하는 동작과 도구의 크기, 무게, 모양에 따라 결정되어진다고 하였다. Finneran와 O'Sullivan(2013)은 강력과악이 집기과악(pinch grip)보다 낮은 최대 수의적 수축(maximal voluntary contraction)을 보이므로 보다 강한 힘을 필요로 하는 작업에서 주로 강력과악을 선호하지만, 이는 아래팔 굴곡근과 신전근의 광범위한 수축을 유발하게 되어 과사용 시 아래팔 신전근, 가쪽위관절염 그리고 손목굴 주변 조직의 손상을 초래할 수 있다고 하였다. 따라서 빠르고 반복적인 팔 동작이 발생하는 초음파 치료의 도자는 원주형이 보다 적합한 것으로 사료된다. 임상 적용에 있어서 초음파치료는 도자가 접촉되는 치료면이 불규칙하거나 치료부위가 민감한 경우에는 강한 힘이 요구되기 보다는 정밀한 조작이 필요한 경우도 있으므로 초음파 치료를 하는 상황에 따라 적절한 도자의 종류를 선택하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

대상 근육의 선정은 초음파 치료시 적용한 원형법에 근거하여 설정하였다. 원형법의 경우, 도자의 회전이 시계방향으로 일어났으며, 도자의 이동 경로가 내측에 있는 경우 많은 힘을 발생하였기 때문에, 손목굽힘근은 노쪽을, 손목펴는 근육은 자쪽을 선택하였다. 그리고 도자의 이동이 내측에서 외측으로 움직일 때, 많은 힘이 발생

하였기 때문에 원외침근과 가운데어깨세모근을 선택하였다. 위팔세갈래근은 도자를 치료부위에 누르는 압박을 만들 것으로 예상하여 선택하였으며, 위쪽등세모근은 초음파 치료가 목과 어깨에 주는 영향을 알아보기 위해 선택하였다. 그러나 치료면의 높이를 대상자의 팔이 늘어뜨린 상태에서 약간 구부러진 자세로 실시하였기 때문에 어깨 및 위팔 근육 사용이 적은 것으로 나타났다.

본 실험에 앞서 실시한 사전 연구에서 도자를 누르는 압력을 600 g과 1200 g으로, 치료시간은 5분을 실시하였다. 도자를 누르는 압력이 팔 근육의 근활성도에 미치는 영향을 알아보고, 실제 치료에 가까운 실험을 하기 위함이었다. 하지만 대상자들에서 장시간 실험으로 인한 피로 호소에 의해 결과 값이 일관된 양상을 나타내지 못하였다. 그러므로 피로도를 줄이기 위해 도자를 누르는 압력에서 1200 g의 독립변수를 없애고, 치료시간은 3분으로 줄였다. 본 실험은 실제 초음파 치료 어느 정도의 압력과 시간동안 실시하는지에 대한 자료가 부족한 관계로 현실을 제대로 반영하지 못한 제한점이 있다.

도자의 선택은 주로 많이 사용되고 있는 원주형 쥐기와 구형 쥐기 형태의 도자를 이용하였다. 하지만 실제 실험에서는 정의한 바와 같은 쥐는 형태가 나타나지 않고, 조금씩 변형된 형태를 나타내었다. 원주형 도자에서는 엄지와 시지의 위치를 변형시키고 구형 도자에서는 완벽한 구형 쥐기가 아닌 엄지, 시지, 중지를 쥐기에 나머지 두 손가락은 안정성을 제공하는 형태로 쥐었다. 실험 전 대상자들에게 쥐는 형태에 대한 정의를 내리고, 실험 중 이를 제대로 통제를 하지 못한 것이 연구결과에 영향을 주었을 것으로 사료된다.

본 연구는 사용하는 도구의 쥐는 방법이 사용자의 팔 근골격계에 미치는 영향을 알아보는 것이었다. 향후 연구에서는 대상자 선정 및 치료시간 등의 변수를 보다 실제와 흡사한 연구 설계가 필요할 것이다. 또한 실제 초음파 치료가 물리치료사의 팔 근육의 근활성도에 미치는 변수는 도자의 쥐는 방법 및 근육의 종류 외에도 다양할 것이다. 그러므로 치료자세, 치료면의 높이, 도자를 누르는 압력 등이 물리치료사의 팔 근육의 근활성도에 미치는 영향에 대한 연구가 필요할 것이다. 이번 연구의 결과를 뒷받침 할 수 있도록 근육의 피로도, 손목관절의 각도 변화 등을 검증하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구에서는 초음파 치료에서 어떠한 형태의 도자가 보다 인간공학적 설계인지를 알아보기 위해 원주형 도자와 구형 도자를 통한 초음파 치료에서 나타나는 긴노쪽손목편근, 자쪽손목굽힘근, 원앞침근, 위팔세갈래근, 가운데어깨세모근, 위쪽등세모근의 근활성도를 비교하였다.

연구대상자는 초음파 치료를 배운 물리치료학과 학생 22명을 대상으로 하였으며, 6개 근육의 근활성도를 표면 근전도 시스템을 사용하여 측정하였다. 연구결과는 다음과 같았다.

1. 도자의 쥐는 방법에 따른 전체 근육의 근전도 신호량은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며($p>.05$), 근육의 종류에 따른 각 근육의 근전도 신호량은 위쪽등세모근에서 나머지 모든 근육에서 보다 낮았으며, 위팔세갈래근에서 긴노쪽손목편근과 자쪽손목굽힘근에서 보다 낮았다($p_{adj}<.05/15$). 도자와 근육의 종류 간에 상호작용이 있었다($p<.05$).

2. 원주형 및 구형 도자를 이용하여 초음파 치료를 할 때 나타나는 각 근육의 근전도 신호량은 원주형일 때 긴노쪽손목편근은 낮았고 자쪽손목굽힘근은 높았으며, 구형일 때 원주형과 반대였다($p_{adj}<.05/15$). 원앞침근, 위팔세갈래근, 가운데어깨세모근, 위쪽등세모근에서는 도자 간에 유의한 차이가 없었다($p_{adj}>.05/15$).

이상의 결과로 초음파 치료시 원주형과 구형 도자 모두에서 팔꿈치 아래 근육의 사용이 위팔 근육에 비해 많았으며, 이로 인하여 손목의 사용이 증가되었다. 또한 원주형보다 구형 도자에서 근활성도의 불균형이 발생하였다. 이러한 불균형은 손목관절의 편위를 일으킬 가능성이 높다. 그러므로 일정한 힘을 지속적이고 반복적으로 주어야 하는 초음파 치료에서는 근육이 균형있게 작용하는 원주형 도자의 사용이 바람직하다고 할 수 있다.

References

Armstrong TJ, Chaffin DB. Some biomechanical aspects of the carpal tunnel. *J Biomech.* 1979;12(7):567-570.
Au AK, Keir PJ. Interfering effects of multitasking on muscle activity in the upper extremity. *J*

Electromyogr Kinesiol. 2007;17(5):578-586.
Beynon C, Reilly T. Epidemiology of musculoskeletal disorders in a sample of british nurses and physiotherapists. In: Reilly T, editor. *Musculoskeletal Disorders in Health-Related Occupations.* Amsterdam, IOS Press, 2002.
Bork BE, Cook TM, Rosecrance JC, et al. Work-related musculoskeletal disorders among physical therapists. *Phys Ther.* 1996;76(8):827-835.
Buchholz B, Frederick LJ, Armstrong TJ. An Investigation of human palmar skin friction and effects of materials, pinch force and moisture. *Ergonomics.* 1988;31(3):317-325.
Byström S, Fransson-Hall C. Acceptability of intermittent handgrip contractions based on physiological response. *Hum Factors.* 1994;36(1):158-171.
Cameron MH. *Physical Agents in Rehabilitation from Research to Practice.* 2nd ed. W.B. Saunders Company, 2003:210.
Cram JR, Kasman GS, Holtz J. *Introduction to surface electromyography.* Gaithersburg, Aspen publisher, 1998.
Cromie JE, Robertson VJ, Best MO. Work-related musculoskeletal disorders in physical therapists: Prevalence, severity, risks, and responses. *Phys Ther.* 2000;80(4):336-351.
Finneran A, O'Sullivan L. Effects of grip type and wrist posture on forearm EMG activity, endurance time and movement accuracy. *Int J Ind Ergon.* 2013;43(1):91-99.
Hong SG. *A Study on the Related Factors of Musculoskeletal Disease among Physical Therapists in Korea.* Soonchunhyang University, Doctoral Dissertation. 2004.
Kattel BP, Fredericks TK, Fernandez JE, et al. The effect of upper-extremity posture on maximum grip strength. *International Journal of Industrial Ergonomics.* 1996;18(5-6):423-429.
Kim KM. *Musculoskeletal pain and job stress of physical therapists.* Yonsei University, Master Thesis. 2005.
Klucinec B, Denegar C, Mahmood R. The transducer

- pressure variable: Its influence on acoustic energy transmission. *J Sport Rehabil.* 1997;6(1): 47-53.
- Korea Occupational Safety and Health Agency. Analysis of occupational accident in 2005. 2005. Available at <http://www.kosha.or.kr/www/boardView.do?menuId=554&contentId=178503&boardType=A2> (downloaded 29 September. 2005).
- Kuorinka I, Forcier L, Hagberg M, et al. *Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs): A reference book for prevention.* London, Taylor & Francis, 1995:161-162.
- Kwon MJ, Kim SM. A survey on the work-related musculoskeletal disorders in physical therapist in daegu. *J Korean Soc Phys Ther.* 2001;13(1): 151-160.
- Lee CC, Nelson JE, Davis KG, et al. An ergonomic comparison of industrial spray paint guns. *Int J Ind Ergon.* 1997;19(6):425-435.
- Naipier JR. The prehensile movements of the human hand. *J Bone Joint Surg Br.* 1956;38-B(4):902-913.
- Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system.* St. Louis: Mosby. 2002:234-235.
- Potvin JR, Agnew MJ, Woert CV. An ergonomic comparison of pneumatic and electrical pistol grip hand tools. *Int J Ind Ergon.* 2004;34(6):467-478.
- Putz-Anderson V. *Cumulative Trauma Disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs.* Philadelphia, Taylor & Francis, 1988:21-24.
- Reilly T. *Musculoskeletal disorders in health-related occupations.* Amsterdam: IOS Press. 2002:5.
- Rempel DM, Punnett L. Epidemiology of wrist and hand disorders. In: Nordin M, Andersson GB, Pope MH. Philadelphia, Mosby-Year Book, 1997:421-430.
- Rempel D, Dahlin L, Lundborg G. Pathophysiology of nerve compression syndromes: response of peripheral nerves to loading. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;18(11):1600-1610.
- Sanders MJ. *Ergonomics and the Management of Musculoskeletal Disorder.* 2nd ed. St. Louis, Butterworth Heinemann, 2004:192.
- Yun HY, Lee YG, Eoh HJ, et al. Results of a survey on the awareness and severity assessment of the upper-limb work-related musculoskeletal disorders among female bank tellers in Korea. *Int J Ind Ergon.* 2001;27(5):347-357.

This article was received March 6, 2013, was reviewed March 6, 2013, and was accepted April 8, 2013.