

초음파 도자의 모양에 따른 손목굽힘근의 근전도 분석

김원호
울산과학대학 물리치료과

김종만
서남대학교 물리치료학과

박형기
서남대학교 작업치료학과

박은영
우석대학교 재활복지학과

Abstract

Electromyographic Analysis of Wrist Flexors by the Shape of Ultrasound Head

Won-ho Kim, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, Ulsan College

Jong-man Kim, Ph.D., P.T., O.T.

Dept. of Physical Therapy, Division of Health, Seonam University

Hyung-ki Park, M.Sc., P.T.

Dept. of Occupational Therapy, Division of Health, Seonam University

Eun-young Park, Ph.D., P.T.

Dept. of Rehabilitation Welfare, Woosuk University

The purpose of this study was to investigate electromyographic activities of the flexor digitorum superficialis (FDS) and the flexor carpi ulnaris (FCU) by the shape of the ultrasound head. Twelve healthy subjects participated and performed ultrasound therapy with a round head and a long handled head during each 5-minute application. Electromyographic activities of the FDS and FCU were recorded by surface electrodes and normalized by maximal voluntary isometric contraction (MVIC) values. There was no difference in the muscular fatigue of FDS and FCU as determined by the shape of the ultrasound head ($p>.05$). Without the shape of head, the mean power frequency decreased with the time. There also was no difference in %MVIC of the FDS and FCU as determined by the shape of the ultrasound head ($p>.05$), but the force exerted exceeded 20%MVIC. There was however a significant difference in the amount of cumulative workload of the FDS and FCU as determined by the shape of ultrasound head ($p<.05$). The workload was however not affected by the shape of the ultrasound head. Constant static grasp of ultrasound transducer head during ultrasound therapy is considered a high risk factor of work-related musculoskeletal disease.

Key Words: Muscular fatigue; Ultrasound head; Wrist flexor.

I. 서론

노동부(2004)의 정의에 의하면 '작업관련 근골격계질환'은 반복적인 동작, 부적절한 자세, 무리한 힘의 사용, 날카로운 면과의 접촉, 진동 및 온도 등의 요인에 의하여 목, 어깨, 허리, 상·하지의 신경 및 근육과 근 주변 조직 등에 나타나는 질환이다. 작업관련 근골격계질환에 따른 경제적 손실을 방지하고 근로자의 건강을 유지하기 위해서는 작업에 따른 위험 요인을 파악하고 예방 대책을 세우는 것이 필요하다.

물리치료사는 작업관련 근골격계질환 발생 가능성이 큰 집단이다. Bork 등(1996)은 미국 물리치료사에게서 근골격계 자각증상 부위로 허리 45.0%, 목 24.7%, 어깨 18.9%, 손목 29.6% 등으로 보고하였으며, Cromie 등(2000)은 허리 62.5%, 목 47.6%, 어깨 22.9%, 손목 21.8%의 자각 증상을 보고하였다. 물리치료사의 업무에 따른 근골격계부담에 대한 국내 연구는 많지 않은 편이고, 관련 연구가 있다하더라도 자각증상과 자가 점검표를 이용한 설문조사가 대부분이기 때문에 객관적 평가가 부족하다. 김경모(2005)는 서울 경기 지역에 근무하는 물리치료사 150명을 대상으로 자기기입식 설문조사를 실시한 결과, 응답자 중 남자 47.8%, 여자 45.2%가 근무나 일상생활에서 근골격계 통증을 느끼는 것으로 나타났고, 통증을 느끼는 부위는 어깨 81.3%, 허리 80.4%, 손목 68.2%, 목 60.7%, 무릎 53.3%, 등 41.1%, 손가락 40.2%, 팔꿈치 24.3%, 고관절 21.5%, 발목 20.6%, 발바닥/발가락 17.8%, 가슴 4.7% 순이었음을 보고하였다. 권미지와 김수민(2001)은 대구지역 물리치료사들의 직업과 관련된 근골격계 장애를 자기기입식 설문지를 사용하여 조사한 결과, 응답자의 94.2%가 작업 시 근골격계장애를 경험하였으며, 허리부위의 장애 경험이 가장 많았고, 그 다음은 어깨, 목과 손목 순인 것으로 보고하였다. 그러나 작업관련 근골격계질환은 작업환경이나 작업자세와 밀접한 상관이 있기 때문에 자기기입식 설문조사를 통한 작업관련 근골격계질환을 알아보는 연구와 더불어, 물리치료사가 근무하는 작업환경이나 작업자세에 따른 인간공학 및 생체역학적인 측면에서 위험 요인을 파악하고 예방 대책을 세우는 연구가 필요하다.

물리치료사의 주요 직무는 평가, 물리치료, 교육, 자기 개발 등이 있다(한국보건의료인국가시험원, 2000). 직무 중 운동치료, 전기 및 수치료, 그리고 도수치료와 같은 방법을 이용하는 물리치료는 신체적 부담을 초래하는 위험요인을 포함하고 있다. 김강윤 등(2004)은 운동치료를 중심으로 물리치료사의 근골격계 부담작업 유

해요인을 평가하였다. 그 결과, 근골격계 자각증상은 허리(65.0%), 어깨(68.3%), 그리고 목(65.0%) 부위에서 비교적 높게 나타났으며, 위험요인은 부적절한 자세와 과도한 힘 등이었다. 권미지와 김수민(2001)은 전기치료기를 이용하는 치료사들 중 92.3%가 업무관련 불편함을 느낀 적이 있고, 69.2%가 이로 인해 업무에 방해받은 적이 있다고 하였다. 전기치료실에서 초음파의 사용 빈도는 매우 높은 편이고, 장시간 동안 사용되고 있다. 일반적으로 정적인 자세와 작업도구를 잡기위한 지속적인 근수축은 근골격계질환을 유발하는 요인이다(Sluiser 등, 2001). 과사용에 의한 근골격계 손상을 설명하는 이론 중 신데렐라 가설에 의하면, 근수축 동안 동원되는 운동단위는 일정하며, 저장도의 작업에서는 역치가 낮은 운동단위들이 항상 일정하게 활성화된다. 만약 근수축이 지속되고 과부하가 발생하면 근섬유의 손상을 초래한다(Wilson, 2002).

초음파치료기구는 치료사의 정적인 자세를 필요로 하면서, 초음파 도자를 환자의 피부에 접촉하여 문지르기 위해 지속적인 손목 근육의 수축을 필요로 하는 치료이기 때문에 치료사의 근골격계질환을 유발할 가능성이 높다. 임상에서 흔히 사용되는 치료용 도자는 손잡이 모양과 크기가 다르다. 작업도구의 모양과 크기는 근피로에 영향을 미치기 때문에 초음파치료 도자의 모양에 따른 근골격계부담 정도를 객관적으로 평가하는 것은 물리치료사의 작업관련 근골격계질환을 유발할 위험이 높은 직무인 초음파치료기구의 안전한 사용을 위해 필요할 것이다.

본 연구는 초음파 도자의 모양에 따른 손목굽힘근의 작업부담을 알아보기 위해, 초음파 치료를 하는 동안 앞손가락굽힘근과 자쪽손목굽힘근의 근전도 신호를 수집하고 근활성도, 근피로도, 그리고 누적작업량을 알아보았다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 서남대학교에 재학 중인 20대 건강한 성인 12명을 대상으로 실시하였다. 우세 팔에서 관절가동범위의 제한과 통증이 없는 자로 선정하였다. 연구에 대한 목적을 설명한 후, 자발적인 동의가 있는 자를 대상으로 하였다.

2. 측정도구

초음파치료기구의 등근 도자는 지름이 4.8 cm¹⁾이었



그림 1. 등근 도자.



그림 2. 손잡이 도자.

고, 손잡이 도자는 지름이 4.0 cm이고 손잡이 길이가 12.5 cm²⁾이었다(그림 1)(그림 2). 초음파를 적용하는 동안 피부에 접촉하는 도자의 압력을 일정하게 유지하기 위해서, 압력을 측정할 수 있는 Baseline^{®3)}을 이용하였다. 대상자들에게 3 lb로 1분간 Baseline[®]을 누르게 하고 기억하게 한 후, 같은 압력으로 초음파 도자를 피부에 적용하게 하였다. 근활성도를 측정하기 위해 근전도 Biomonitor ME 6000⁴⁾을 사용하였다(그림 3). 이 기구는 8채널을 가지고 있다. 수집된 자료를 분석하기 위해 Mega Win 2.2 프로그램을 사용하였다. 전극은 Medicotest Blue Sensor type M-00-S를 사용하였다.

3. 근전도 신호의 측정과 분석

근전도 신호의 표본수집률(sampling rate)은 1000 Hz로 하였다. 전극은 얇은손가락굽힘근(flexor digitorum superficialis)와 자쪽손목굽힘근(flexor carpi ulnaris)에

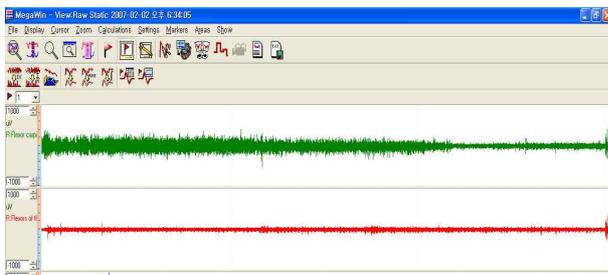


그림 3. 근활성도 측정.

부착하였다. 먼저 부착할 신체 부위를 노출시킨 후, 피부 저항을 줄이기 위해 털을 제거하고 알코올로 닦은

후, 각 근육에 대한 최대근육수축을 유도 후 부착부위를 펜으로 표시하였다. 활성전극 사이 거리는 2 cm 이내로 하였다(Cram 등, 1998).

초음파 도자 모양에 따른 근활성도, 근피로도, 그리고 누적작업량을 측정하기 위해 대상자는 무작위 순으로 손잡이가 없는 등근 도자와 손잡이가 있는 도자를 이용하여 각각 5분간 초음파 치료를 수행하였다. 근피로를 방지하기 위해 각 상황 사이에 5분간 휴식시간을 주었다. 개인의 차이에 따른 영향을 보정하기 위해 최대등척성수축을 하는 5초 동안 수집된 값으로 정량화하였다.

측정한 근육의 근전도 신호는 근전도 신호의 실질적인 출력값에 가까운 값을 제공하는 RMS값을 취하여 계산하였다(Perry, 1992). 근전도 신호의 크기는 근수축량과 대체로 비례 관계이기 때문에 RMS값을 이용하여 근수축량을 추정하였다(Anderson 등, 1977). 근활성도는 최대등척성수축을 하는 동안 수집된 값으로 정량화한 %MVIC를 사용하여 계산하였고, 근피로도에는 중앙주파수값을 이용하여 측정하였다(원종임, 2001; Ahern 등, 1988). 누적작업량이란 일정 시간 동안 각 근육별 전체 작업한 양을 계산한 것이다(Village 등, 2005). 따라서 본 연구에서 측정한 전체 누적작업량은 얇은손가락굽힘근과 자쪽손목굽힘근의 5분간 근활성도의 합을 의미한다. 본 연구에서는 전체 누적작업량을 측정된 후, 각 근육의 상대적 작업량을 전체 누적작업량에 대한 %로 기록하였다.

4. 분석방법

대상자의 일반적인 특성을 기술통계를 이용하여 분석

1) Sonoplus 590, Enraf Nonius, Netherlands.
2) Sonoplus 992, Enraf Nonius, Netherlands.
3) Baseline[®], HOGGAN Health Industry Inc., U.S.A.
4) Mega Electronics Ltd., Finland.

하였다. 수집된 자료의 정규분포여부를 알아보기 위해 단일 표본 콜모고로프-스미르노프(Kolmogorov-Smirnov) 검정을 실시한 결과, 자료가 정규분포하지 않았으므로 비모수 검정을 실시하였다. 초음파 도자 모양에 따른 각 근육별 근활성도, 근피로도, 전체 누적작업량, 그리고 각 근육별 상대적 작업량(%)의 차이를 알아보기 위해 비모수 검정인 윌콕슨 부호순위 검정(Wilcoxon signed-ranks test)을 실시하였다.

III. 결과

1. 연구대상자

실험에 참가한 대상자는 신경 및 정형외과적인 질환이 없는 건강한 성인 12명(남자 10명, 여자 2명)이었다. 연구대상자의 특성은 다음과 같다(표 1). 평균나이는 남자 25.6세, 여자 23.5세이었고, 평균 신장은 남자 171.1 cm, 여자 161.5 cm이었다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (N=12)

	남(n ₁ =10)	여(n ₂ =2)
나이(세)	25.6±2.8	23.5±.7
체중(kg)	64.5±5.0	53.0±4.2
신장(cm)	171.1±6.9	161.5±7.8

표 2. 초음파 도자 모양에 따른 근활성도 및 누적작업량

	등근 도자	손잡이 도자	Z	p
자쪽손목굽힘근(%MVIC)	39.61±52.81 ^a	47.99±61.07	-0.78	.937
얇은손가락굽힘근(%MVIC)	20.63±11.08	22.39±18.10	-2.35	.814
전체 누적작업량(μ N)	18859.33±9284.73	27678.00±9261.43	-2.35	.019
자쪽손목굽힘근 누적작업비율(%)	60.83±16.20	72.00±12.56	-2.39	.017
얇은손가락굽힘근 누적작업비율(%)	39.17±16.20	28.00±12.56	-2.55	.011

^a평균±표준편차.

MVIC: Maximal Voluntary Isometric Contraction.

표 3. 초음파 도자 모양에 중앙주파수변화량

	등근 도자	손잡이 도자	Z	p
자쪽손목굽힘근의 중앙주파수 변화량(Hz/min)	-.37±3.89	-.95±5.17	-.31	.754
얇은손가락굽힘근의 중앙주파수 변화량(Hz/min)	-1.12±1.78	-.45±2.27	-.27	.783

2. 초음파 도자 모양에 따른 근활성 및 누적작업량

초음파를 5분간 실시하는 동안, 자쪽손목굽힘근과 얇은손가락굽힘근에 대한 근활성도를 측정한 결과는 표 2와 같았다. 자쪽손목굽힘근 경우, 등근 도자의 %MVIC는 39.61이었고, 손잡이 도자는 47.99이었다. 얇은손가락굽힘근 경우, 등근 도자의 %MVIC는 20.63이었고, 손잡이 도자는 22.39이었다. 도자 모양에 따른 %MVIC는 유의한 차이가 없었다(p>.05). 전체 누적작업량에서, 등근 도자와 손잡이 도자 사이에 유의한 차이가 있었다(p<.05). 도자 모양에 따른 자쪽손목굽힘근 및 손목굽힘근의 누적작업비율(%)은 유의한 차이가 있었다(p<.05). 등근 도자를 사용하는 경우, 자쪽손목굽힘근의 작업량은 60.83%이었고, 얇은손가락굽힘근은 39.17%이었다. 손잡이 도자를 사용하는 경우는 각각 72.00%와 28.00%이었다.

3. 초음파 모양에 따른 중앙주파수변화량

초음파 도자 모양에 따른 근피로도를 알아보기 위해 분당 중앙주파수의 변화량을 측정하였다(표 3). 그 결과, 자쪽손목굽힘근의 경우 등근 도자는 분당 .37 Hz씩 중앙주파수가 낮아졌고, 손잡이 도자는 .95 Hz씩 낮아졌다. 얇은손가락굽힘근의 경우, 각각 1.12 Hz와 .45 Hz씩 중앙주파수가 낮아졌다. 하지만 도자 모양에 따른 중앙주파수 변화의 유의한 차이는 없었다(p>.05).

IV. 고찰

물리치료사의 작업관련 근골격계질환 위험요인을 분석하는 이전 연구들은 자기기입식 설문지를 이용하여 위험요인을 주관적으로 평가하는 방법을 사용하여 왔다. 이러한 방법은 측정이 편하고 여러 사람을 대상으로 할 수 있지만, 작업을 하는 동안 위험요인에 노출되는 특성이나 위험의 크기에 대한 신뢰할 만한 정보를 제공하지 못한다(Wiktorin 등, 1993). 작업관련 근골격계질환의 위험요인을 인체공학적으로 평가하는 방법으로 흔히 비디오 분석 방법을 사용하고 있고(이윤근 등, 2001), 생체역학적 평가를 위해 근전도를 사용하고 있다(정현욱, 2002). 본 연구는 임상에서 흔히 사용하고 있는 초음파 도자의 모양에 따른 근골격계 부담 정도를 생체역학적으로 분석하기 위해 근전도를 이용한 위험정도를 알아보았다.

등근 도자를 이용하여 초음파를 적용할 때는 아래팔의 회내와 손가락 굴곡이 필요하다. 반면에, 손잡이 도자는 아래팔의 중립자세와 손가락 굴곡이 필요하다. 초음파 치료는 도자를 지속적으로 움직이기 위해서 손목의 자쪽편 위 움직임이 일어나야 하고, 도자를 단단히 잡기위해 지속적으로 근수축이 필요한 치료방법이다. 정적인 수축은 지속적인 근육긴장으로 혈관을 압박하여 필요한 에너지의 공급을 방해하고 대사물 축적을 유발한다. 또한 장시간 동안 정적인 수축은 신경근육 과부화로 인한 피로와 흥분-수축패턴 결함을 초래하여 근육의 효율성을 점진적으로 저하시킨다(Wilson, 2002). 따라서 초음파 도자를 지속적으로 잡고 움직여야 하는 동작이 필요한 초음파 치료가 손목 주변 근육에 미치는 위험정도를 알아보는 것은 손목굴중후근 같은 작업관련 근골격계질환을 예방하는데 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 자쪽손목굽힘근과 얇은손가락굽힘근의 근전도 신호 분석을 통해 근활성도, 근피로도, 그리고 누적작업량을 알아보았다.

근피로도를 알아보는 방법으로 중앙주파수의 변화를 많이 이용하고 있다(남기석, 1998; 원종임, 2001; Ahern 등, 1988). 본 연구에서도 초음파 도자 모양에 따른 자쪽손목굽힘근과 얇은손가락굽힘근의 근피로도를 알아보기 위해 중앙주파수의 변화를 알아보았다. 그 결과, 초음파 도자 모양에 따른 각 근육별 근피로도의 차이는 없었다. 하지만 초음파 도자 모양에 관계없이 각 근육별 중앙주파수는 시간이 경과함에 따라 감소하였다. 지속적인 근수축시 발생하는 근육의 피로도를 평가할 때 나타나는 전기생리화학적 소견은 주파수 스펙트럼이 저주파수대로 이동하는 것이다(Portney와 Roy, 2001). 본 연구

결과 시간이 경과함에 따라 중앙주파수가 저주파수대로 이동하는 것으로 나타났다. 이는 지속적인 근수축으로 인해 손목굽힘근들의 피로가 점차 증가함을 의미한다.

본 연구에서는 임상 현실을 감안하여 1회 초음파 적용시간을 5분으로 가정하여 실시하였다. 물리치료사의 1일 평균 치료 환자수에 대한 연구를 살펴보면, 이충휘(1990)는 1일 평균 치료 환자가 20명 이상인 경우가 72.8%라고 보고하였고 전제균(1991)은 62.1%라 보고하였다. 실험상황인 1회 치료시간을 5분으로 하여 초음파 치료를 실시할 때에도 각 손목근육의 중앙주파수가 감소한 결과와 물리치료사의 1일 평균 치료시간을 고려할 때 초음파 치료는 도자 모양에 관계없이 손 및 손목근육에 피로를 유발할 것으로 생각된다.

장기간 정적인 작업을 수행하는 것은 자각 증상 없이 근섬유의 변형을 초래할 수 있다. Sande 등(2001)의 연구에 의하면, 장기간 동안 작업도구를 잡고 일하는 근로자들은 근육이 만들어낼 수 있는 최대 힘은 최대근수축력은 감소하였으나, 작업동작을 수행하는데 필요한 수축력에는 변화가 없었다고 하였다. 이러한 이유는 장시간 작업도구를 잡고 일하는 것이 근섬유들의 변형을 유발하여 최대수축력은 감소하지만, 작업동작을 수행하는데 필요한 수축력은 다른 운동단위로 대치가 되기 때문이라고 하였다. 이는 평소 사용하는 힘보다 강한 작업 또는 만성적으로 누적된 경우 근육 손상을 초래할 수 있음을 의미하는 것이다.

초음파 도자 모양에 따른 근활성도(%MVIC)를 분석한 결과, 도자 모양에 따른 각 근육별 근활성도는 유의한 차이가 없었다. 초음파 치료 적용시 자쪽손목굽힘근 경우, 등근 도자의 %MVIC는 39.61이었고, 손잡이 도자는 47.99이었다. 얇은손가락굽힘근 경우, 등근 도자의 %MVIC는 20.63이었고, 손잡이 도자는 22.39이었다. 최대근구력시간(maximal endurance time)은 정적인 근육 수축 동안 유지 가능한 수축시간을 결정하는데 사용된다(Miedema 등, 1997). 최대근지구력시간은 흔히 %MVIC를 고려하여 계산된다. El ahrache 등(2001)은 20%MVIC로 근수축을 지속하는 경우 최대지구력시간은 평균 5.86분이라고 하였다. 일반적으로 피로 증상이 지속적으로 작업을 수행하기 위해서는 10%MVIC 이내에서 힘을 사용하는 것이 필요하다(Kroemer와 Grandjean, 1997). 본 연구는 5분간 초음파를 적용하는 동안 근활성도를 측정한 결과 모두 20%MVIC를 초과하는 것으로 나타났다. 따라서 초음파치료는 손목에 과

도한 부담을 줄 것으로 여겨진다.

본 연구에서는 초음파를 적용하는 5분간 누적작업량을 분석하였다(Cohen 등, 2004). 그 결과, 초음파 도자 모양에 따라 유의한 차이가 있었다. 등근 도자를 사용하는 경우가 손잡이 도자를 사용하는 경우보다 누적작업량이 유의하게 높았다. 세부적으로 살펴보면 얇은손가락굽힘근은 등근 도자, 자쪽손목굽힘근은 손잡이 도자에서 작업비율이 높았다. 이 결과로 볼 때, 상용되는 초음파 도자의 모양에 관계없이 초음파 치료는 손목주변 근육에 무리를 유발할 것으로 생각된다. 이러한 연구 결과에 비추어볼 때, 물리치료사의 작업관련 근골격계질환의 예방을 위해서는 손목주변 근육의 위험 요인을 감소시킬 수 있는 초음파 도자의 개발과 적절한 휴식 시간이 필요하리라 생각된다.

본 연구는 초음파도자의 모양에 따른 자쪽손목굽힘근과 얇은손가락굽힘근의 근전도 신호를 분석하기 위해 치료시간을 1회 5분으로 가정하여 연구를 실시하였다. 따라서 초음파 치료 실시에 따른 물리치료사의 작업관련 근골격계질환을 좀더 현실적으로 알아보기 위해서는 실제 치료 현장과 유사한 환경을 설정하여 위험요인 분석이 필요할 것이라 생각된다.

V. 결론

본 연구는 5분간 초음파 치료 시 도자 모양에 따른 자쪽손목굽힘근과 얇은손가락굽힘근의 근활성도, 근피로도, 그리고 누적작업량의 차이를 알아보기 위해 시행되었다. 초음파 도자 모양에 따른 각 근육별 근피로도와 근활성도는 유의한 차이가 없었지만, 시간이 경과함에 따라 중앙주파수가 저주파수대로 이동한다는 점과 초음파 적용시 근활성도가 20%MVIC를 초과한다는 점을 고려할 때, 지속적인 근수축을 요하는 초음파치료는 손목굽힘근에 과도한 부담을 초래하는 위험요인으로 여겨진다. 따라서 초음파치료 동안 적절한 휴식시간과 손목굽힘근의 피로와 근활성화를 최소화할 수 있는 초음파 도자에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

인용문헌

- 권미지, 김수민. 대구지역 물리치료사들의 직업과 관련된 근골격계장애 조사. 대한물리치료학회지. 2001;13(1):151-160.
- 김강운, 안선희, 최호춘 등. 물리치료사의 근골격계 부담작업 유해요인평가: 운동치료를 중심으로. 한국산업위생학회지. 2004;14(2):144-154.
- 김경모. 물리치료사의 근골격계 통증과 직무 스트레스. 연세대학교 대학원, 석사학위논문, 2005.
- 남기석. 근전도 스펙트럼 분석을 이용한 만성 요통 환자의 요부근육과 복부근육의 피로도 분석. 연세대학교 대학원, 석사학위논문, 1999.
- 노동부. 2003년 산업재해 현황 분석. 2004.
- 원종임. 등속성 운동시 근전도 주파수 분석에서 얻은 피로 지수의 특성. 연세대학교 대학원, 박사학위논문, 2001.
- 이윤근, 김현욱, 임상혁 등. 누적외상성질환 위험 요인의 정량적 평가 및 관리를 위한 점검표 개발. 한국산업위생학회지. 2001;11(1):56-69.
- 이충희. 물리치료사의 요통발생 위험요인분석. 연세대학교 대학원, 박사학위논문, 1990.
- 전제균. 물리치료사의 근무실태와 직무만족도에 대한 조사연구. 대한물리치료학회지. 1991;3(1):9-37.
- 정현욱. 정적인 자세에서 목 근육의 작업부하 평가. 동의대학교 대학원, 석사학위논문, 2002.
- 한국보건의료인국가시험원. 물리치료사 직무분석. 2004.
- Ahern DK, Follick MJ, Council JR, et al. Comparison of lumbar paravertebral EMG pattern in chronic low back pain patients and non-patient controls. Pain. 1988;34(2):153-160.
- Andersson GB, Ortengren R, Herberts P. Quantitative electromyographic studies of back muscle activity related to posture and loading. Orthop Clin North Am. 1977;8(1):85-96.
- Bork BE, Cook TM, Rosecrance JC, et al. Work-related musculoskeletal disorders among physical therapists. Phys Ther. 1996;76(8):827-835.
- Cohen M, Village J, Ostry AS, et al. Workload as a determinant of staff injury in intermediate care. Int J Occup Environ Health. 2004;10(4):375-383.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to Surface Electromyography. Maryland, Aspen,

1998:322-324.

Cromie JE, Robertson VJ, Best MO. Work-related musculoskeletal disorders in physical therapists: Prevalence, severity, risks and response. *Phys Ther.* 2000;80(4):336-351.

El ahrache K, Imbeau D, Farbos B. Percentile values for determining maximum endurance times for static muscular work. *Int J Ind Ergon.* 2006;36(2):99-108.

Kroemer KHE, Grandjean E. *Fitting The Task to The Human.* 5th ed. London, Taylor and Francis, 1997.

Miedema MC, Douwes M, Dul J, et al. Recommended maximum holding times for prevention of discomfort of static standing postures. *Int J Ind Ergon.* 1997;19:9-18.

Perry J. *Gait Analysis: Normal and pathological function.* New Jersey, Slack Inc, 1992:381-411.

Portney LG, Roy SH. Electromyography and nerve conduction velocity tests. In: O'Sullivan SB, Scjmitz TJ, eds. *Physical Rehabilitation: Assessment and treatment.* 4th ed. Philadelphia, F.A. Davis Co., 2001:244-245.

Sande LP, Coury HJ, Oishi J, et al. Effect of musculoskeletal disorders on prehension strength. *Appl Ergon.* 2001;32(6):609-616.

Sluiter JK, Rest KM, Frings-Dresen MH. Criteria document for evaluating the work-relatedness of upper-extremity musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health.* 2001;27(1):1-102.

Village J, Frazer M, Cohen M, et al. Electromyography as a measure of peak and cumulative workload in intermediate care and its relationship to musculoskeletal injury: An exploratory ergonomic study. *Appl Ergon.* 2005;36(5):609-618.

Wiktorin C, Karlquist L, Winkel J. Validity of self-reported exposures to work postures and manual materials handling. Stockholm MVSIC I Study Group. *Scand J Work Environ Health.* 1993;19(2):208-214.

Wilson A. Understanding the physiology of the injury process. In: Wilson A, ed. *Effective*

Management of Musculoskeletal Injury. London, Churchill Livingstone, 2002:26-29.

논문접수일	2007년 3월 28일
논문게재승인일	2007년 6월 25일