

드릴작업과 집기작업 시 손목 자세가 손가락굽힘근과 손가락펴는근의 근 활성화도에 미치는 영향

최지우¹ · 전해선² · 권오윤² · 이충휘²

¹한국산업안전공단 안전보건팀 / ²연세대학교 보건환경대학원 인간공학치료학과

Effects of Wrist Position on Electromyographic Activities of Flexor Digitorum Superficials and Extensor Digitorum during Drilling and Pinch Grip

Ji Woo Choi¹, Hye Seon Jeon², Oh Yun Kwon², Chung Hwi Yi²

¹Korea Occupational Safety & Health Agency, Safety & Health team, KOSHA, Cheon-an, 330-172

²Department of Ergonomic Therapy, Graduate School of Health and Environment, Yonsei University, Won-ju, 220-710

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate influence of wrist position on the electromyographic(EMG) activities of the flexor digitorum superficialis (FDS) and extensor digitorum (ED) during drilling and pinch grip. Eighteen healthy subjects had been recruited and each subject performed two tasks (drilling and pinch grip) at three different wrist positions (30° flexion, neutral, 30° extension). The EMG amplitude of each muscle was normalized to the amplitude during the maximal voluntary contraction (MVC). Repeated one-way ANOVA was used to compare the differences of EMG across wrist positions. The FDS EMG activities in both drilling and pinch grip were the lowest at 30° wrist extension and the highest at 30° wrist flexion. The ED EMG activity was lowest when the wrist was neutral in both tasks. From the results of this study, we can conclude that the desirable wrist positions for drilling and pinch grip tasks are slightly extended or neutral position. Therefore, flexed wrist position should be avoided to reduce the excessive work load on the finger muscles during the tasks.

Keyword: Drilling, Flexor digitorum superficialis(FDS), Extensor digitorum(ED), Electromyographic activity, Pinch grip, Wrist position

1. 서 론

최근 10년 동안 산업사회의 급속한 변화로 인하여 단순 반복작업이 증가하고 있으며, 이로 인하여 작업관련성 근골격계 질환(work-related musculoskeletal disorder; WRMSD)이 증가하고 있는 추세이다(Fagarasanu et al.,

2004). 작업관련성 근골격계 질환이란 반복적인 동작, 부적절한 작업 자세, 무리한 힘의 사용, 날카로운 면과의 신체접촉, 진동 및 온도 등의 요인에 의하여 발생하는 건강장해로 목, 어깨, 허리, 상·하지의 신경·근육 및 그 주변 신체조직 등에 나타나는 질환을 말한다(산업안전보건법, 2003). 상지, 특히 손과 손목에 발생할 수 있는 작업관련성 근골격계 질환의 위험요소로는 반복작업, 과도한 힘, 부적절한 자

*본 연구는 2005년도 연세대학교 석사졸업 논문임.

교신저자: 전해선

주 소: 220-710 강원도 원주시 흥업면 매지리 234, 전화: 033-760-2363, E-mail: hyeseonj@yonsei.ac.kr

세가 있다(Putz-Anderson, 1988). 이와 같은 위험요소에 장시간 노출되면 근육 내에 미세손상(microtrauma)이 발생하게 되며, 이것이 누적되어 결국 작업관련성 근골격계 질환으로 발전하게 된다.

상지를 많이 사용하는 작업자에게 주로 나타나는 작업관련성 근골격계 질환으로는 건염(tendinitis), 수근관증후군(carpal tunnel syndrome), 외상과염(lateral epicondylitis) 등이 있다. 수근관증후군은 수근관(carpal tunnel) 내 정중신경(median nerve)이 압박을 받아 이 신경의 지배를 받는 근육들의 마비와 함께 운동장애(motor disorder)와 감각손상이 발생하게 되는 질환을 말한다. 수근관증후군을 유발하는 요인으로는 대사장애(당뇨, 갑상선저하증), 이상 생리적 상태(임신이나 폐경) 등 여러 원인이 있으나 부적절한 손목 자세에서의 작업이나 강한 악력 그리고 잦은 손목 움직임 등의 직업성 요인들도 중요한 발생원인으로 알려져 있다(Armstrong and Chaffin, 1987).

외상과염은 주로 팔꿈치 바로 위 바깥 부분에 염증과 통증을 유발시키는 질환으로 손목과 전완 자세와 연관되어 많이 발생하게 된다(Price, 1982). 이러한 외상과염은 특히 팔꿈치를 편(extension) 상태에서 전완(forearm)을 반복적으로 회내(pronation), 회외(supination)시키는 동작을 할 때 발생률이 높다는 연구도 있다(Viikari-Juntura, 1997).

일반적으로 큰 힘을 필요로 하는 작업 시에는 보통 파워 집기(power grip)를 많이 하며, 작업도구가 작거나 작업을 하는 물체가 작을 때에는 핀치 집기(pinch grip)를 주로 한다(Imrhan, 1991). 이러한 집기작업 시 손목의 자세는 전완과 손목근육에 많은 영향을 준다(O' Sullivan and Gallwey, 2002). 손목이 중립 자세에서 벗어난 상태에서 지속적으로 작업을 유지하게 되면 전완의 근육들이 지속적으로 스트레스를 받게 된다(Kapandji, 1982). Hägg and Milerad (1997)의 연구에서 간헐적 집기작업을 하는 동안 손목굽힘근(flexor)과 펴기근(extensor)의 근 활성도를 측정해 본 결과 굽힘근에서보다 펴기근에서 피로가 더 컸다. 자동차 조립공정에서 전완 부하 경향에 대한 연구에서도 전완의 굽힘근보다 펴기근에서 정적 부하 경향이 더 높았다(Hägg and Milerad, 1997). 이것은 집는 동작 시 손가락굽힘근(tendon)에 의해 일어나는 손목굽힘 토크에 대한 반작용으로 손목펴기근이 활성화되어짐에 따른 현상이며(Snijders et al., 1987), 손목펴기근이 집기 동작 시 힘 발생의 시작근(initiator)일 뿐만 아니라 동시에 손목 관절의 안정화 작용에도 주된 역할을 하는 근육임을 의미한다(Bober et al., 1982).

또한, 손목이 중립 자세에서 벗어나게 되면 손의 악력(grip force)이 감소하게 되는데(Imrhan, 1991; Lamoreaux and Hoffer, 1995), 이런 자세로 작업을 계속 유지하게 되면 원하는 힘을 발휘하기 위해 과도하게 근육을 사용하게

되어 결국 수근관증후군이나 외상과염과 같은 작업관련성 근골격계 질환이 발생하게 된다.

전완의 자세 역시 손과 관련된 작업에 많은 영향을 미친다. 파워 집기 힘(power grip force)과 핀치 집기 힘(pinch grip force)은 전완 회외(forearm supination) 시에는 증가하거나 변화가 없으나(Agresti and Finlay, 1986) 전완 회내(forearm pronation) 시에는 감소하게 된다(Marley and Wehrman, 1992). Richards(1996) 등의 연구에서도 전완 회내 시 측정된 집기 힘이 전완이 중립 자세일 때와 회외 자세일 때에 비해 약하다는 결과를 보여주었다.

기존 연구들은 주로 집기 동작을 하는 동안 손목과 전완의 자세에 따른 손목근육의 근 활성도나 악력을 측정하는데 초점을 두었으며, 실제 사업장에서 드릴과 같은 도구를 사용하거나 기계를 작동시키고 물건을 집기 위해 필요한 집기 동작을 효과적으로 수행하기 위해서는 손가락 내재근뿐만 아니라 손목을 지나는 손가락굽힘근의 역할이 중요하므로(Maier and Hepp-Reymond, 1995), 드릴작업이나 집기작업 시 손목의 자세에 따른 손가락 근육의 근 활성도에 대한 연구가 필요하다. 따라서 이 연구에서는 드릴작업과 집기작업 시 손목 자세에 따른 얇은 손가락굽힘근과 손가락펴기근의 근 활성도를 알아보았다.

2. 연구 방법

2.1 피실험자

선천적인 기형이나 심각한 외과적 질환의 병력이 없고 지난 6개월 동안 상지에 외상이나 통증을 경험하지 않은 건강한 성인 남녀 18명을 대상으로 실시하였다. 대상자들의 평균 손바닥 길이는 17.9cm, 평균 손바닥 너비는 8.8cm였다(표 1).

표 1. 연구 대상자의 특성변수

(N=18)	
일반적 특징	평균±표준편차
나이(세)	25.7±4.3
신장(cm)	171.3±7.3
체중(kg)	65.2±12.8
손바닥 길이(cm)	17.9±1.1
손바닥 너비(cm)	8.8±2.7

2.2 실험기기

2.2.1 표면 근전도 시스템

표면 근전도 자료 수집을 위해 MP100WSW(BIOPAC

System Inc., CA, USA.)와 Bagnoli System(Delsys Inc., Boston, MA, USA)을 사용하였고 얇은 손가락굽힘근과 손가락펴기의 근전도 신호를 측정하기 위해 DE-3.1이중 차등(double differential) 표면 근전도 전극 2개와 접지 전극(ground electrode)을 사용하였다. 차등 전극에는 폭 1mm, 길이 10mm의 순은 막대 3개가 10mm 간격으로 나란히 배열되어 있으며, 양쪽 끝 두 개는 활성전극(active electrode), 가운데 하나는 기준전극(reference electrode)으로 하여 이중 차등 앰프에 연결되었다. MP100에서 디지털 신호로 전환된 2개 채널의 표면 근전도 신호는 개인용 컴퓨터에서 Acqknowledge 3.72(BIOPAC System Inc. Santa Barbara, USA.) 소프트웨어를 이용하여 수집되고 처리되었다. 근전도 신호의 표본추출률은 1024Hz로 설정하고 주파수 대역폭은 20~450Hz와 60Hz 노치필터를 사용하였다. 드릴작업과 집기작업 시 측정근육의 근전도 신호를 RMS(root mean square) 처리하여 분석하였다.

2.2.2 그외 실험도구

드릴작업과 집기작업 동안 발생하는 힘을 측정하고, 힘을 정해진 범위에 일정하게 유지하기 위한 시각피드백을 제공하기 위해 14kg까지 측정이 가능한 핀치 힘 측정기(B&L pinch gauge)를 사용하였다. 손목 각도를 측정하기 위해 측각계(goniometer)를 사용하였으며, 손드릴작업을 위해 파워 집기(power grip)로 작업이 가능한 일자형 형태의 전자동 드릴(Black & Decker)을 사용하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 근전도 전극 부착

얇은 손가락굽힘근(Flexor Ditorum Superficialis)과 손가락펴기(Extensor Ditorum)의 근 활성도를 측정하기 위해 각 근육의 전극 부착 부위를 유성펜으로 작게 표시하였다(Cram et al., 1998)(표 2). 표시된 부위를 참조하여 맨손 근력 검사(Manual muscle testing: MMT)의 최대 근수축 시 뚜렷이 보이는 근육(belly)에 근전도 전극 부착 부위를 최종적으로 표시하였다. 표면 근전도 신호에 대한 피부저항을 감소시키기 위해 부착 부위를 가는 사포로 3~4회 문질러 피부 각질층을 제거하고, 소독용 알코올로 피부지방을 제거한 후에 소량의 전해질 젤(electrolyte gel)을 바른 표면

표 2. 근전도 전극의 근육별 부착 위치

근육	전극 부착 위치
얇은 손가락굽힘근	팔꿈치오목에서 손목까지의 3/4되는 지점
손가락펴기	팔뚝꿈치에서 손목까지의 3/4되는 지점

전극을 피부에 부착하였고 접지 전극(ground electrode)은 왼쪽 손목에 부착하였다.

2.3.2 실험 설계

각각의 피실험자는 드릴작업과 집기작업을 수행하였는데 두 가지 작업 모두 어깨는 외전(abduction)시키고 윗팔은 몸 옆에 나란히 붙인 상태에서 팔꿈치를 90°로 유지하면서 세 가지 손목 자세에서 작업을 실시하도록 하였다(그림 1). 드릴작업은 전원을 중립으로 유지하고 세 가지 손목 자세(30° 굽힘, 중립, 30° 펴)에서 드릴을 쥐고 나사못을 박는 동작을 하도록 하였다. 드릴 아래에는 핀치 힘 측정기를 놓아 5kg으로 설정된 수치까지 힘을 주어 드릴작업을 하도록 하고, 그 상태를 6초간 유지하도록 하였다(그림 2). 집기작업은 전원을 회내전(pronation)시킨 상태에서 세 가지 손목 자세(30° 굽힘, 중립, 30° 펴)에 따라 엄지, 검지, 중지로 핀치 힘 측정기를 잡고, 짊는 힘을 2kg까지 올리도록 한 후



그림 1. 실험 자세

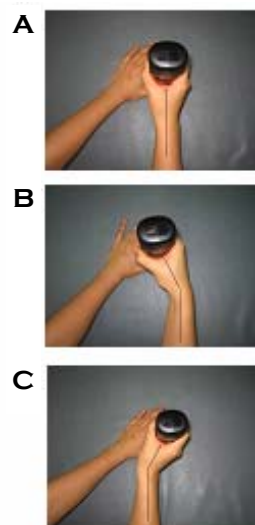


그림 2. 세 가지 손목 자세에서의 드릴작업: A. 중립, B. 굽힘, C. 펴

6초 동안 유지하도록 하였다(그림 3).

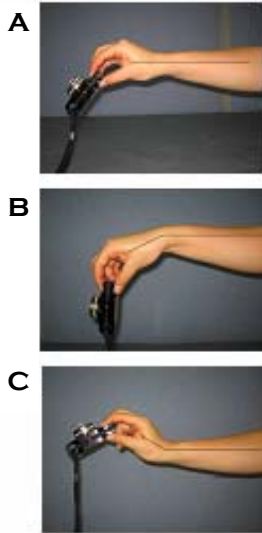


그림 3. 세가지 손목 자세에서의 집기작업:
A. 중립, B. 굽힘, C. 편

실험을 시작하기 전에 집는 힘을 설정된 각 수치까지 올리도록 한 후 전면에 있는 거울을 통해 스스로 보면서 집기를 유지할 수 있도록 연습시켰다. 같은 손목 자세에서 각 수행 당 30초간의 휴식시간을 주었고, 손목 자세를 바꿀 때에는 2분간 휴식을 취하도록 하였다. 손목 자세의 순서는 무작위로 결정되었고 동일한 자세에서 3번의 근 활성도를 측정하여 그 평균값을 사용하였다.

2.3.3 최대등척성수축 근전도 신호량 측정

얇은 손가락굽힘근과 손가락편근의 활동전위를 표준화하기 위해 맨손근력검사 자세에서 최대등척성수축 시 두 근육의 근 활성도를 측정하였다. 6초 동안의 자료값을 RMS 처리한 후 처음과 마지막 1.5초를 제외한 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 100%MVC로 사용하였다.

2.4 분석방법

드릴작업과 집기작업 시 손목 자세에 따른 얇은 손가락굽힘근과 손가락편근의 근 활성도를 비교하기 위하여 반복 측정 일요인 분산분석(one-way repeated ANOVA)을 사용하였고, 본페로니 수정법(Bonferroni's correction)으로 사후분석하였다. 통계적 유의성을 검정하기 위하여 α 는 0.05로 하였으며 자료의 통계처리를 위해 상용 통계프로그램인 윈도우용 SPSS(statistical Package for the Social Sciences) 12.0 프로그램을 사용하였다.

3. 연구결과

3.1 드릴작업 시 손목 자세에 따른 근 활성도

반복 측정 일요인 분산분석을 이용하여 손목 자세에 따른 두 근육의 근전도 신호량을 측정한 결과, 드릴작업 시 각 근육의 근 활성도는 손목 자세에 따라 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 얇은 손가락굽힘근의 근 활성도는 손목을 30° 굽힌 자세에서 근 활성도가 38.50%MVC로 가장 높았고, 중립자세 그리고 손목을 30° 편 자세 순으로 낮은 근 활성도를 보였다. 손가락편근의 근 활성도는 손목을 30° 편 자세에서 36.29%MVC로 가장 높았고, 30° 굽힌자세 그리고 중립 자세 순으로 낮은 근 활성도를 보였다.

본페로니 사후검정 결과, 얇은 손가락굽힘근의 근 활성도는 30° 굽힌 자세와 30° 편 자세, 중립 자세와 30° 편 자세 간에 유의한 차이가 있었고, 손가락편근의 근 활성도는

표 3. 드릴작업 시 손목 자세에 따른 각 근육의 반복 측정 일요인 분산분석

	평방향	자유도	평방평균	f	p
FDS	1420.277	2	710.138	6.699	0.004*
ED	1499.127	2	749.564	9.610	0.000*

* $p<0.05$. FDS: 얇은 손가락굽힘근. ED: 손가락편근

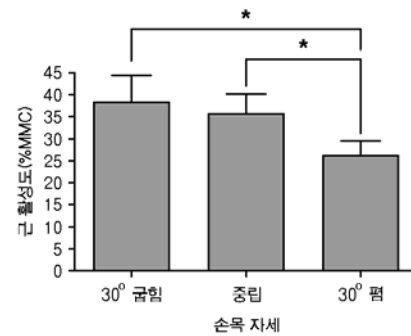


그림 4. 얇은 손가락굽힘근의 근 활성도

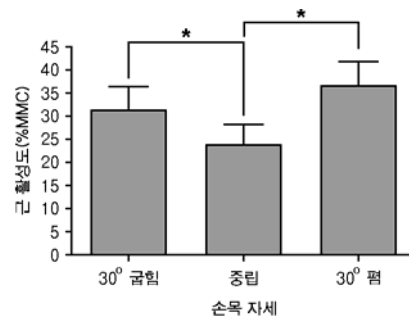


그림 5. 손가락편근의 근 활성도

30° 굽힌 자세와 중립 자세, 중립 자세와 30° 편 자세 간에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$, 표 3, 그림 4, 5)

3.2 집기작업 시 손목 자세에 따른 근 활성화도

각 근육의 근 활성화도는 손목 자세에 따라 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 얇은 손가락굽힘근의 근 활성화도는 손목을 30° 굽힌 자세에서 24.12%MVC로 가장 높았고, 중립 자세 그리고 30° 편 자세순으로 낮은 근 활성화도를 보였다. 본페로니 사후검정 결과, 얇은 손가락굽힘근의 근 활성화도는 손목을 30° 굽힌 자세와 중립 자세, 30° 굽힌 자세와 30° 편 자세간에 유의한 차이가 있었다. 하지만, 손가락펴근의 근 활성화도는 손목을 30° 굽힌 자세와 중립 자세간에서만 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$, 표 4, 그림 6, 7).

표 4. 집기작업 시 손목 자세에 따른 각 근육의 반복 측정 일요인 분산분석

	평방향	자유도	평방평균	f	p
FDS	1637.341	2	818.671	9.798	0.002*
ED	528.295	2	264.148	2.456	0.004*

* $p < 0.05$. FDS: 얇은 손가락굽힘근. ED: 손가락펴근

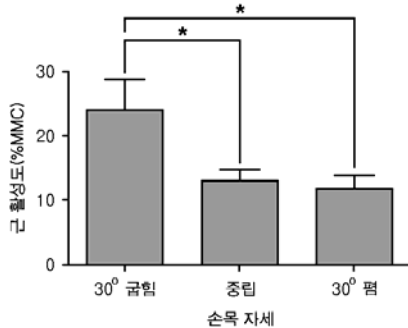


그림 6. 얇은 손가락굽힘근의 근 활성화도

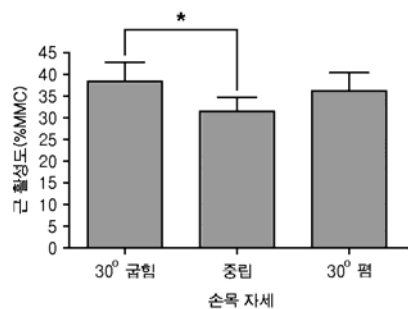


그림 7. 손가락펴근의 근 활성화도

4. 결론 및 검토

일상생활에서 사용되는 여러 가지 형태의 집기 기능은 손가락 관절의 특정한 움직임과 손과 전완 근육군의 연합활동을 통해 일상생활 속에서 나타난다(이선명, 2002). 또한 지렛대의 역학적 사슬이 어깨 관절에서 시작되어 주관절, 손목 관절로 연결되므로, 서로 다른 면에 대하여 상지의 가동성을 충분히 갖도록 해준다(Frankel and Nordin, 1989). 손 기능을 평가할 때는 주로 파워 집기 힘(power grip force)이나 핀치 집기 힘(pinch grip force)을 측정하는데(Mathiowetz et al., 1985), 일상생활동작을 정상적으로 수행하기 위해서는 최소한 9kg 이상의 파워 집기 힘과 2.3~3.2kg의 핀치 집기 힘이 필요하다(Nalebuff and Philips, 1990). 이와 같은 일상생활이나 작업 시에 필요한 여러 형태의 집기 동작에서 발생하는 집는 힘은 전완과 손목의 자세에 따라 많은 영향을 받는다. 이것은 손이 신체의 역학적 연결고리의 마지막 부분이므로 근위부(proximal segment)의 여러 자세 변화에 의해 영향을 받기 때문이다(Li, 2002). 얇은 자세와 선 자세, 어깨의 자세, 팔꿈치 자세, 전완 자세, 손목 자세, 허리 손가락관절(metacarpophalangeal joint) 자세, 손가락뼈사이관절(interphalangeal joint) 자세에 따른 집는 힘의 변화에 대한 연구는 Halpern 등(1996) 여러 사람에게 의해 꾸준히 연구되어지고 있다. Smith(1977) 등은 근육의 기시부(origin)와 정지부(insertion)가 서로 가까워질 때 근육의 수축력이 약해지는 능동 불충분(active insufficiency) 상태를 설명하였다. 따라서 손목을 충분히 굽곡 한 상태에서 집는 힘을 측정하였을 때, 얇은 손가락굽힘근과 깊은 손가락굽힘근(flexor digitorum superficialis and profundus)의 능동 불충분과 길항근인 손가락펴근(extensor digitorum)의 수동 불충분(passive insufficiency) 현상에 의해 집는 힘이 약해지게 된다. 이에 본 연구는 드릴작업과 집기작업 시 손목의 자세에 따른 얇은 손가락굽힘근과 손가락펴근의 근 활성화도 변화를 알아보고 집는 동작을 많이 하는 작업 시 어떤 손목 자세에서 얇은 손가락굽힘근과 손가락펴근에 부하가 적게 걸리는지 알아보려고 하였다. 실험을 통해 드릴작업과 집기작업 시 세 가지 손목 자세에 따른 얇은 손가락굽힘근과 손가락펴근의 근 활성화도 변화를 알아보았다.

실험 결과 드릴작업과 집기작업 시 두 근육의 근 활성화도는 손목 자세에 따라 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 얇은 손가락굽힘근은 드릴작업과 집기작업 모두 손목 굽힌 자세일 때 가장 높은 근 활성화도를 보였으며, 중립 자세, 편 자세 순의 근 활성화도를 보였다. 얇은 손가락굽힘근이 손목 편 자세에서 근 활성화도가 가장 낮은 이유는, 손목이 신전되었을 때 얇은 손가락굽힘근의 수동적 늘어남(passive stretching)

에 따라 손가락이 수동적으로 굽혀지게 되고(tenodesis), 이 현상에 의해 손가락의 굽혀지는 힘이 증진되기 때문이다 (Li, 2002).

이 결과를 통해 드릴과 같은 수공구를 사용하여 작업을 할 때와 조립공정에서 집기작업을 할 때 얇은 손가락굽힘근의 근 활성도가 상대적으로 낮은 손목 편 자세나 중립 자세에서 작업을 해야 근 활성도가 감소한다는 것과 손목을 굽힌 상태에서의 반복작업은 피해야 한다는 것을 알 수가 있다. 이것은 손을 사용하여 작업할 때 특히, 수공구를 가지고 작업을 할 때 손목이 중립 자세이거나 약간 편 상태에서 가장 스트레스가 적다는 연구와도 비슷한 결과이다(Chaffin and Andersson, 1984; Tichauer, 1966). 손목의 자세 변화에 따른 집기 힘을 측정 한 Imrhan (1991)의 연구에서도 집기 작업 시 손목 중립 자세에서 가장 큰 힘이 발생되며, 손목 굽힌 자세에서 가장 약한 힘이 발생되었다.

손목 굽힌 자세에서 힘이 가장 약한 것은 얇은 손가락굽힘근의 능동 불충분과 손목이 굽혀지면서 수근관(carpal tunnel)의 벽과 손목 안쪽 구조에 대하여 손가락굽힘근 건이 압박(compression)을 받아 통증이 발생하여 굽힘근의 수축력이 감소하기 때문이다(Armstrong and Chaffin, 1979; Smith et al., 1977; Tichauer, 1996).

손가락편근은 드릴작업 시에는 손목 편 자세와 굽힌 자세에서 높은 근 활성도를 보였으며, 집기작업 시에는 손목 굽힌 자세에서 가장 높은 근 활성도를 보였다. 손가락편근이 두 작업에서 가장 낮은 근 활성도를 보인 자세는 손목 중립 자세였다. 이와 같은 작업 시 손가락편근의 근 활성도가 높은 것은 손가락편근이 집는 동작 시 힘의 발생의 시작(initiator)일 뿐만 아니라 동시에 손목 관절을 안정화 시키는 역할을 하기 때문이다. 이 결과로 손가락을 사용하여 집는 동작을 반복해야 하는 작업 시 손 근육의 스트레스를 감소시키기 위해서는 외과상염을 발생시키는 주 근육 중에 하나인 손가락편근(Snijders et al., 1987)의 근 활성도가 낮은 손목 중립 자세에서 작업을 하는 것이 필요하다는 것을 알 수가 있다. 손가락편근이 드릴작업에서와는 달리 집기작업 시 손목 굽힌 자세에서 높은 근 활성도를 보이는 이유는 집는 동작 시 손가락굽힘근 건에 의해 일어나는 손목 굽힘 토크에 대한 반작용과 전완이 회내전 된 상태에서 집기를 함으로써 중력을 이기기 위해 손가락편근이 활성화되었기 때문이다.

이번 실험을 통해서 드릴작업이나 집기작업 시 얇은 손가락굽힘근은 손목이 30° 굽혀진 자세일 때 가장 높은 근 활성도를 보였으며, 손목이 중립 자세일 때와 편 자세 일 때 근 활성도가 낮았다. 손가락편근의 경우에는 손목이 중립 자세일 때 근 활성도가 낮았다. 즉 손목이 중립 자세일 때와 편 자세일 때 특히 손목 중립 자세에서 드릴작업이나 집기

작업을 할 때에 손 근육에 가장 부담을 적게 준다는 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 집기와 드릴작업 동안 작용할 것으로 여겨지는 손가락 내재근과 손의 심부근육들의 근 활성도를 측정하지 않아 얇은 손가락굽힘근과 손가락편근 외의 다른 근육들의 기여도에 대한 연구가 이루어지지 않았고, 근 활성도 측정을 위해 사용된 두 근육의 해부학적 위치에 의한 혼선 효과(cross talk)에 의해 근전도 신호의 정확성에 영향을 주었을 가능성을 배제할 수 없다는 제한점을 가지고 있다.

작은 부품을 다루는 조립공정에서는 손가락 전체를 사용하기보다는 엄지와 검지, 중지를 사용하는 빈도수가 매우 높으므로 향후에는 엄지와 관련된 근육의 근 활성도에 관한 연구도 필요할 것이다.

참고 문헌

- 산업안전보건법, 산업보건기준에 관한 규칙, 제9장 제142조, 2003.
- 이선명, 손 기능에 관한 고찰, 대한물리치료사학회지, 9 (4), 155-168, 2002.
- 이현주, 이승주, 팔꿈관절과 손목 관절 각도가 쥐는 힘과 집는 힘에 미치는 영향, 대한물리치료학회지, 15 (4), 967-973, 2003.
- Agresti, A. and Finlay, B., *Statistical method in social research*, 2nd ed., Dellon Publishing, San Francisco, 315-356, 1986.
- Armstrong, T. J. and Chaffin, D. B., Carpal tunnel syndrome and selected personal attributes, *Journal of Occupational Medicine*, 21(7), 481-486, 1979.
- Armstrong, T. J. and Chaffin, D. B., Some biomechanical aspects of carpal tunnel, *Journal of Biomechanics*, 12(7), 567-570, 1979.
- Bober, T., et al. Biomechanical analysis of human arm stabilization during force production, *Journal of Biomechanics*, 15(11), 825-830, 1982.
- Chaffin, D. B. and Andersson, G. B. J., *Occupational Biomechanics*, John Wiley and Sons, New York, 1984.
- Cram, J. R., Kasman, G. S. and Holtz, J., *Introduction to surface electromyography*, Gaithersburg, Aspen Publishing, 1998.
- Dempsey, P. G. and Ayoub, M. M., An investigation of variables influencing sustained pinch strength and evaluation of inter-study variation in independent variable effect. In: Aghazadeh, F. (Ed.), *Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV.*, Taylor and Francis, London, 1994.
- Fagarasanu, M., Kumar, S. and Narayan, Y., Measurement of angular wrist neutral zone and forearm muscle activity, *Clinical Biomechanics*, 19(7), 671-677, 2004.
- Frankel, V. H. and Nordin, M., *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System*, Philadelphia. London, Lea & Febiger, 1989.
- Hägg, G. M. and Milerad, E., Forearm extensor and flexor muscle exertion during simulated gripping work - an electromyographic study, *Clinical Biomechanics*, 12(1), 39-43, 1997.

Hägg, G. M. and Oster, J., Bystrom, S., Forearm muscular load and wrist angle among automobile assembly line workers in relation to symptoms, *Applied Ergonomics*, 28(1), 41-47, 1997.

Halpern, C. A. and Fernandez, J. E., The effect of wrist and arm postures on peak pinch strength, *Journal of Human Ergology*(Tokyo), 25(2), 115-130, 1996.

Imrhan, S. N., The influence of wrist position on different types of pinch strength, *Applied Ergonomics*, 22(6), 379-384, 1991.

Kapandji, I. A., *The physiology of the Joints, Annotated Diagrams of the Mechanics of the Human Joints*, Churchill Livingstone, Edinburgh, London, Melbourne, New York, 1982.

Lamoreaux, L. and Hoffer, M. M., The effect of wrist deviation on grip and pinch strength, *Clinical Orthopedic*, 314, 152-155, 1995.

Li, Z. M., The influence of wrist position on individual finger forces during forceful grip, *Journal of Hand Surgery*, 27(5), 886-896, 2002.

Maier, M. A. and Hepp-Reymond, M. C., EMG activation patterns during force production in precision grip. I., Contribution of 15 finger muscles to isometric force., *Experimental Brain Research*, 103(1), 108-122, 1995.

Marley, R. and Wehrman, R., Grip strength as a function of forearm rotation and elbow posture, In: Proceedings of the 36th Annual Meeting, *Human Factors Society*, 791-795, 1992.

Mathiowetz, V., Rennells, C. and Donahoe, L., Effect of elbow position on grip and key pinch strength, *Journal of Hand Surgery*, 10(5), 694-697, 1985.

Nalebuff, E. and Philips, C. A., *Rehabilitation of the Hand, Surgery and Therapy*, 3rd ed., St. Louis, Mosby, 1990.

O' Sullivan, L. W. and Gallwey, T. J., Upper-limb surface electro-myography at maximum supination and pronation torques: the effect of elbow and forearm angle, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12(4), 275-285, 2002.

Price, T., Lateral epicondylitis presenting as jailer' elbow, *British Medical Journal*, 285(6357), 1775, 1982.

Putz-Anderson, V., *Cumulative trauma disorders: a manual for musculo-skeletal diseases of the upper limb*, Taylor and Francis, New York, 1988.

Robert, J., et al. Psychophysical frequency and sustained exertion at varying wrist postures for a drilling task, *Ergonomics*, 38(2), 303-325, 1995.

Richards, L. G., Olson, B. and Palmiter-Thomas, P., How forearm position affects grip strength, *American Journal of Occupational Therapy*, 50(2), 133-138, 1996.

Silverstein, B. A., Fine, L. J. and Armstrong, T. J., Occupational factors and carpal tunnel syndrome, *American Journal of Industrial Medicine*, 2,

343-358, 1987.

Smith, E. M., Sonstegard, D. A. and Anderson, W. H Jr., Carpal tunnel syndrome: contribution of flexor tendons, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 58(9), 379-385, 1977.

Snijders, C., et al. Provocation of epicondylalgia lateralis (tennis elbow) by power grip or pinching, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(5), 518-523, 1987.

Tichauer, E. R., Some aspects of stress on forearm and hand in industry, *Journal of Occupational Medicine*, 8(2), 63-71, 1966.

Viikari-Juntura, E. R., The scientific basis for making guidelines and standards to prevent work-related musculoskeletal disorders, *Ergonomics*, 40(10), 1097-1117, 1997.

● 저자 소개 ●

- ❖ 최 지 우 ❖ no1cjw@hanmail.net
연세대학교 인간공학 치료학과 석사
현 재: 한국산업안전공단 안전보건팀
관심분야: 사업장 근골격계 질환 예방, 근골격계부담작업 유효요인조사, 근로자 건강관리
- ❖ 전 혜 선 ❖ hyeseonj@yonsei.ac.kr
University of Florida, Rehabilitation Science, 박사
현 재: 연세대학교 보건환경대학원 인간공학치료학과 교수
관심분야: 보행분석, 운동조절, 물리치료
- ❖ 권 오 윤 ❖ kwonoy@yonsei.ac.kr
계명대학교 대학원 보건학 박사
현 재: 연세대학교 보건환경대학원 인간공학치료학과 교수
관심분야: 근골격계 질환 장애평가도구 개발, 동작 및 자세분석
- ❖ 이 충 휘 ❖ pteagle@yonsei.ac.kr
연세대학교 대학원 보건학 박사
현 재: 연세대학교 보건환경대학원 인간공학치료학과 교수
관심분야: 근골격계 질환 장애평가도구 개발, 동작 및 자세분석

논문접수일 (Date Received) : 2007년 05월 24일
 논문수정일 (Date Revised) : 2007년 08월 20일
 논문게재승인일 (Date Accepted) : 2007년 08월 22일