

손잡이 굽기가 전완의 회내력과 회외력에 미치는 영향

심영현*, 정진화**, 유재호***

*삼성의료원 물리치료실

**대불대학교 작업치료학과

***삼육대학교 대학원 물리치료학과

국문초록

목적 : 본 연구의 목적은 손잡이 굽기 변화에 따라 전완의 회전근력의 최대 힘 효율(peak torque), 총일량(total work), 평균파워(average power)가 각각의 굽기에서 차이가 있는지 알아보기 위함이다.

연구 방법 : 성인 남성 21명 대상으로 손잡이 굽기는 세 개(13, 16, 19cm)로 나뉘어 Biodex System 3 Pro dynamometer 등속성 근력 검사(isokinetic test)를 통해 각각의 손잡이 굽기에 대하여 2회씩 반복 측정된 측정값의 평균값을 분석에 사용하였다. 손잡이 굽기에 대하여 전완의 회내력과 회외력 값들 중에서 최대 힘 효율(peak torque), 총일량(total work), 평균파워(average power)들의 차이를 알아보았다.

결과 : 최소, 중간 그리고 최대 크기의 손잡이 굽기에 따른 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워가 유의한 차이가 있었다($p<.01$). 최소, 최대 크기의 손잡이 굽기에 비해 중간 크기의 손잡이 굽기에서 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워가 상대적으로 높은 수치를 나타내었다. 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워를 비교 분석해 보았을 때 회외 동작 시 중간과 최대, 최소와 중간 간에는 유의한 차이가 있었으나($p<.05$), 최소와 최대 간에는 유의한 차이가 없었다. 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워를 비교 분석해 보았을 때 회내 동작 시 중간과 최대, 최소와 중간, 최소와 최대 간에는 유의한 차이가 있었다($p<.05$).

결론 : 연구 결과 손잡이를 쥐고 있는 상태에서 전완의 회전근력 변화가 손잡이 굽기 변화에 따라 회내력과 회외력이 최소, 중간 그리고 최대 크기의 손잡이 굽기에서 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워가 유의한 차이가 나타난다는 것을 알게 되었다. 향후 성별에 따른 손잡이 굽기가 전완의 회전력에 미치는 영향과 양손을 따른 비교 연구하여 적절한 손잡이 굽기를 알아보는 연구가 필요할 것이다.

주제어 : 등속성 검사, 손잡이 굽기, 총일량, 최대 힘 효율, 평균파워

I. 서론

손은 건관절에서 시작된 지렛대의 역학적 사슬의 마지막 연결고리로써 건관절, 주관절, 손목관절의 가동성을 서로 다른 면에 큰 범위로 움직이게 해주고 육체와 관련된 모든 부분에 영향을 미치게 한다. 손 자체는 충분히 움

직일 수 있는 기관으로 손을 구성하고 관련된 부분들에 움직임을 다양하게 조정할 수 있고 유연성이 있으며 19개 뼈와 14개 관절이 독자적으로 배열되어 유동성을 가지므로 기능적 적응을 위한 구조적인 기초를 제공한다(Frankel & Nordin, 1989).

손과 관련된 작업의 경우 중요한 것은 쥐는(grip) 기능

이다(김병식, 장철민, 김연희와 김봉옥, 1987). 쥐는 힘(grip strength)이란 물체에 힘을 전달하기 위하여 장축에 대한 엄지와 손가락의 강압적인 활동으로 정의할 수 있으며(Napier, 1970), 상지 기능의 정량적 지표이다(Richards, Olson, & Thomas, 1996). 이러한 쥐기(grip)는 몸의 자세와 밀접한 관련이 있으며 특히 요척관절, 주관절과 견관절의 자세가 쥐는 힘을 결정하는 중요한 요인이라는 것을 알게 되었다(손민균, 윤용순과 김봉옥, 2001; 주민과 황병덕, 1998). 미국 손 치료사 협회(American Society of Hand Therapists : ASHT)에서는 쥐는 힘을 측정하는 표준화 자세를 제안하였는데, 이는 피검자가 의자에 앉은 자세에서 견관절은 내전하고 중립으로 회전된 상태에서 주관절은 90도 굴곡 시키고 손목 관절을 중립위로 한 자세로 검사하는 것이다(Fess & Moran, 1981).

쥐는 힘과 관련된 몇몇 연구에서 쥐는 힘이 어깨와 팔꿈치 각도들에 의해 상당한 영향을 받으며, 최대 쥐는 힘(maximum grip strength)의 자세는 선 자세에서 팔꿈치 각도가 180°일 때이며, 성별, 좌우 손별 쥐는 힘의 크기는 유의한 차가 있으며, 연령이 증가할수록 작아지는 것으로 나타나고, 나이, 몸무게, 키, 앞팔길이, 손길이, 손목두께, 손목둘레, 손목너비 등이 쥐는 힘의 크기에 영향을 미친다(이동춘과 장규표, 1997). 이러한 손은 산업현장에서 가장 많이 사용되는 인체의 한 분절로써 자주 쓰이는 것만큼 작은 근육 군으로 이루어진 전완을 사용하는 손작업의 경우 작업자의 최대 쥐는 힘 수준을 넘는 무리한 힘이 요구되는 동작이나 반복 작업은 누적외상병(Cumulative Trauma Disorders : CTDs)의 일종인 수근관증후군(carpal tunnel syndrome)을 유발하는 원인이 된다(Tanaka et al., 1996). 누적외상성 질환을 비롯한 손목과 관련된 대부분의 산업재해는 동작 시 과다한 힘의 사용이나 극단적인 관절의 움직임, 그리고 동일한 동작의 잦은 반복 등에 그 원인이 있다(Cannon, Bernacki, & Walter, 1981; Putz-Anderson, 1988).

여러 산업분야에서 자동화가 급속히 증가하고 있음에도 불구하고, 아직까지도 산업 현장 및 일상생활에서의 작업 중 손작업이 차지하는 비율이 매우 높다. 실제로 스웨덴의 통계에 따르면 직업성 상해에서 손가락, 손, 손목이 포함된 사고가 32%에 달한다고 한다(Mital & Kilborn, 1992). 또한 미국의 경우, 전체 작업자의 약 90%가 손 공구를 이용한 손작업에 의존하고 있으며, 다른 산업에 비해

상대적으로 많은 자동화가 이루어진 로봇틱스(robotics)나 가상현실(VR technology) 분야에서도 손작업에 관련된 부분이 70%가 넘는 것으로 알려져 손작업 관련 작업 관련성 질환의 발생 가능성은 여전히 높다고 할 수 있다(Yun, 1994). 국내의 경우 중량물 취급이 많은 자동차 조립 공정에서 자각증상에 의한 근골격계 질환 의심자(호소율)를 살펴보면 손목 관련 증상 호소율이 라인 작업에서 40.5%, 비 라인 작업에서 21.0%로 손목 관련 근골격계 질환의 발생 가능성이 매우 높다고 할 수 있다(현수돈, 이윤근, 임상혁과 박희석, 2002).

특히, 산업현장에서는 순수하게 쥐는(grip) 동작만 일어나는 것이 아니라 쥐고 있는 상태에서 전완의 움직임이 결합되어 일어나게 된다. 전완의 움직임은 회내(pronation)와 회외(supination)의 동작을 말하며 회내와 회외는 전완의 중축을 중심으로 일어나는 동작으로, 회내는 손바닥을 아래쪽으로, 회외는 위쪽으로 향하게 하는 동작이다(Kapandji, 2001). 전완의 회내와 회외 움직임은 상지의 기능 수행에 있어서 다른 작용을 쉽게 할 수 있도록 손의 방향을 조절하고 손바닥과 손가락이 목표하고 있는 동작을 제대로 수행하기 쉽게 한다(Ryerson & Levit, 1997). 이러한 물체를 잡고 비트는 동작과 같은 전완의 회전과 결합된 쥐는 동작은 드라이버 등과 같은 공구의 조작과 배관에 부착된 밸브를 열고 닫는 동작, 일상생활에서도 문을 열기 위해 손잡이를 비틀거나 가공 식품의 마개를 개봉하는 동작 등에서 찾아 볼 수 있다. 하지만 이와 관련된 국내의 자료는 쉽게 찾을 수 없으며 국외의 연구로 고령자들을 대상으로 가공식품을 개봉할 때의 토크에 관한 연구(Imrhan & Loo, 1988), 물체의 모양, 연령, 장갑의 종류에 따른 토크를 비교한 연구(Shin & Wang, 1996; Voorbij & Steenbekkers, 2002) 등이 있으며 손목관절의 위치에 따라 쥐는 힘의 크기를 비교한 연구(Hallbeck & McMullin, 1993) 등을 찾아볼 수 있다. 그러나 이러한 연구 결과들은 외국인을 대상으로 한 것이어서 한국인에게 그 결과를 적용하기에는 다소의 어려움이 있다.

이에 본 연구의 저자는 한국 남성을 대상으로 손잡이 굵기 변화에 따른 전완의 회전근력 변화를 알아보고, 이에 얻은 자료들로 쥐는 힘과 전완 회전근력 연구에 대한 기초 자료 및 손 공구와 손작업 시 필요로 하는 도구들의 적절한 손잡이 굵기(optimal grip size)를 설정에 대한 지침을 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

26세에서 31세까지의 오른손이 우세 손인 건강한 성인 남성 21명을 대상으로 하였다. 모든 대상자는 연구의 목적과 방법에 대한 설명을 들은 후 실험 참여에 동의하였다. 대상자는 쥐는 힘(grip strength)과 회내력(pronation strength), 회외력(supination strength)에 현저하게 영향을 줄 수 있는 신경근 병력이 없고, 상지 및 손의 기형, 골절, 관절염, 건염 등 정형 외과적 병변이 있었던 과거력이 없는 자로 심한 운동 등으로 근육이 피로한 상태에 있지 않는 남자 21명을 대상으로 하였다(표 1).

2. 측정 도구

1) 손잡이 굵기

본 연구에서 손잡이 굵기를 조절하여 굵기 변화에 따라 전완의 회전력 변화를 알아보기 위해 손잡이 굵기를 세 개(13, 16, 19cm)로 나누었다. Blackwell, Kornatz와 Heath(1999)는 네 개의 손잡이 굵기(10, 13, 16, 18cm)를 구분하여 천지굴근의 피로도와 최대수의 수축력(Maximum Voluntary Contractile strength : MVC) 사이의 관계에서 각각의 크기에 따라 유의한 차이를 보였고 Aldien, Welcome, Rakheja, Dong과 Boileau(2005)는 원통형 모양의 원기둥의 지름을 각각 30, 40, 48mm로 나누어서 접촉 압력을 연구한 결과 각각 유의한 차이를 나타낸다고 보고하였다. 이에 본 연구에서의 13, 16, 19cm로 손잡이 굵기에 변화를 주게 되면 손잡이는 쥐는 힘에 변화를 주게 될 것이고 궁극적으로 이것이 전완의 회전근력에 영

향을 미치게 될 것으로 생각된다. 선행 연구에서 최대의 손잡이 굵기가 18cm인 것에 비해 본 실험에서 19cm를 사용한 것은 각 손잡이 크기의 차이를 일정하게 주기 위함이다.

2) 등속성 근력 검사

등속성(isokinetic)이란 단어는 ‘동등한’ 또는 ‘일정한(iso-)’이라는 의미와 ‘움직임(kinetic)’이라는 의미를 합성한 것이다(강한수, 2001). 이러한 등속성 근수축은 운동부위에 따른 속도변화에 대해 그것을 인공적으로 제어하여 일정한 속도에서 운동을 행하도록 하는 근수축의 양식이다(Hislop & Perrine, 1967; Moffroid & Whipple, 1970).

1960년대 후반에 Hislop과 Perrine에 의하여 등속성의 개념이 소개되었으며, 근 수행능력을 측정하는데 가장 객관적이고 정확히 평가할 수 있으며 등척성(isometric), 등장성(isotonic), 등속성(isokinetic) 운동과의 객관적인 비교를 통해서 등속성 운동이 모든 관절 각도에서 최고의 부하를 주면서도 안정하게 이용할 수 있는 효과적인 운동방법일 뿐만 아니라 근력 평가 시 근육의 힘과 지구력 및 관절 운동 각도를 객관적으로 정확하게 측정할 수 있는 방법으로 보고하였다(Moffroid, Whipple, Hofkosh, Lowman, & Thistle, 1969).

등속성 검사(isokinetic test)는 일정한 움직임의 속도 하에서 정해진 관절가동범위에 걸쳐서 그러한 움직임이 가능하게 한 힘 효율(torque)에 대한 측정을 가능하게 해준다. 그래서 기능적 근력상태를 정량화할 수 있다. 본 연구에서는 최대 등속성 회외력과 회내력을 Biodex System 3 Pro dynamometer (Shirley, New York)를 이용해서 측정하였다(그림 1).

표 1. 연구 대상자의 일반적 특성

(N=21)

일반적 특성	평균 ± 표준편차	범위
연령(세)	29.3 ± 1.3	26 ~ 31
신장(cm)	175.8 ± 3.1	170.5 ~ 182.0
체중(kg)	70.6 ± 5.0	62.5 ~ 79.0
한뼉(cm)	21.5 ± 0.8	19.9 ~ 23.1

3. 실험 방법

1) 등속성 전완 회전근력 검사

대상자는 등반이 90도, 견관절 내전된 상태에서 전방으로 10도 굴곡된 자세에서 전완은 지지대를 이용하여 주관절이 굴곡 100도의 검사 자세를 만들어 준 다음 벨트를 묶는다. 상체의 움직임에 의한 대상작용을 막기 위해 피검자 반대측 어깨에서 동측 골반으로 교차해서 벨트를 묶어 체간의 움직임을 최소로 하였다.

전완은 중립자세를 취하도록 한 다음 양측 60도의 관절 가동범위 내에서 검사를 실시하였다($-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$). 검사 속도는 90 degree/sec로 실시하였으며 최대 회내 위치에서 최대 회외 위치까지 간 다음 다시 최대 회내 위치까지 오는 운동을 1회 운동으로 하여 각각의 손잡이 굽기에 대해 3회 연속으로 운동을 실시하여 최대 힘 효율(peak torque), 총일량(total work), 평균과워(average power)를 측정값으로 하여 그 평균값을 취하도록 하였다. 최초 Biodex System 3 Pro dynamometer의 전완 회전 도구(그림 2)를 이용하여 최대근력(sub-maximum)으로 3회 연습을 한 다음 5분간 휴식하고 다시 최대근력(maximum)으로 3회의 연습 시간을 주었다. 예행연습이 끝난 다음 10분간의 휴식 시간을 준 다음 최소, 중간, 최대 크기의 손잡이 굽기에 대해 무작위로 순서를 정하여 회외력과 회내력을 측정한다. 한 손잡이 굽기에 대한 검사가 이루어지고 나선 5분간 휴식을 취한 뒤에 다른 손잡이 굽기에 대한 검사를 실시하여 근 피로에 대한 검사 신뢰성을

높였으며 최소, 중간, 최대 크기의 손잡이 굽기에 대한 첫 번째 검사가 끝나면 10분간의 휴식시간을 준 다음 다시 같은 방법으로 3가지 손잡이 굽기에 대한 두 번째 회외력, 회내력을 검사를 하였다.

측정에 앞서 연구자는 검사 대상자에게 연구 목적과 방법, 주의 사항에 대해 충분히 설명하였고, 측정의 정확성을 위해 사전에 충분히 교육 받은 연구원으로 하여금 동일한 방법으로 구령을 붙이도록 하여 실험과정에서 편견이 개입되는 것을 최소화 하였다. 등속성 근력 검사 시 구두 강화 효과를 제시한 바 있다. 따라서 본 연구에서도 고정적인 구령을 2명으로 하여금 동일한 형태를 취하게 하여 연구 결과에 편견을 최소화 하였다.

4. 분석 방법

각각의 손잡이 굽기에 대하여 2회씩 반복 측정된 측정값의 평균값을 분석에 사용하였다. 손잡이 굽기에 대하여 전완의 회내력과 회외력 값들 중에서 최대 힘 효율(peak torque), 총일량(total work), 평균과워(average power)들의 차이를 알아보았다. 동일한 검사 속도에서 주어진 손잡이 굽기 간의 차이는 반복 측정된 일요인 분산분석(one-way repeated ANOVA)으로 하였고 각 손잡이 굽기에서 나타난 근력 값들에서 3개의 손잡이 굽기 군 간에 차이가 있는 집단을 알아내기 위하여 다중 비교 방법 중 본 웨로니 수정법(Bonferroni's correction)을 이용하였다.

각각의 손잡이 굽기에서 전완 회전근력 사이의 유의성



그림 1. 등속성 근력 검사



그림 2. 전완 회전 도구(forearm rotation device)

검정은 상관관계를 이용하여 통계 처리하였다. 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준 $\alpha=.05$ 로 하였다. 자료의 통계처리를 위해 상용 통계 프로그램인 윈도우용 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences) 12.0 프로그램을 사용하였다.

III. 연구 결과

1. 각 손잡이 굽기에 따른 최대 힘 효율, 총일량, 평균파워

각 손잡이 굽기에 따른 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워의 변화 정도는 표 2와 같다. 최소, 중간 그리고 최대 크기의 손잡이 굽기에 따른 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워가 유의한 차이가 있었다($p<.01$). 최소, 최대 크기의 손잡이 굽기에 비해 중간 크기의 손잡이 굽기에서 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워가 상대적으로 높은 수치를 나타내었다.

2. 회외 운동 시 손잡이 굽기에 따른 최대 힘 효율

회외 운동 시 각 손잡이 굽기 간의 최대 힘 효율의 차이를 비교했을 때 최소와 중간 간에는 평균차가 1.095, 중간과 최대 간에는 평균차가 0.837로 최대 힘 효율에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 최소와 최대 간에는 평균차가 0.258로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(표 3)(표 4).

3. 회외 운동 시 손잡이 굽기에 따른 총일량

회외 운동 시 각 손잡이 굽기 간의 총일량의 차이를 비교했을 때 최소와 중간 간에는 평균차가 4.882, 중간과 최대 간에는 평균차가 3.082로 총일량에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 최소와 최대 간에는 평균차가 1.800로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(표 5)(표 6).

표 2. 각 손잡이 굽기에 따른 평균과 표준편차

(N=21)

	크기	회외(평균과 표준편차)	회내(평균과 표준편차)	차이(%)
최대 힘 효율(Nm)	얇은 것(최소)	6.78 $\pm$ 0.89	7.49 $\pm$ 1.28	10.47
	중간 것(중간)	7.88 $\pm$ 1.06	8.94 $\pm$ 1.37	13.45
	굵은 것(최대)	7.04 $\pm$ 0.74	8.09 $\pm$ 1.34	14.91
총일량(joules)	얇은 것(최소)	34.76 $\pm$ 4.59	38.19 $\pm$ 0.99	9.87
	중간 것(중간)	39.65 $\pm$ 6.31	44.91 $\pm$ 8.21	13.27
	굵은 것(최대)	36.56 $\pm$ 5.76	40.66 $\pm$ 6.33	11.21
평균파워(watt)	얇은 것(최소)	10.06 $\pm$ 1.38	10.42 $\pm$ 1.62	3.58
	중간 것(중간)	11.49 $\pm$ 1.64	12.54 $\pm$ 2.37	9.14
	굵은 것(최대)	10.40 $\pm$ 1.78	11.17 $\pm$ 1.88	7.40

표 3. 회외 운동 시 손잡이 굽기 간의 최대 힘 효율의 차이 유무

	평방합	자유도	평방평균	F 값
굽기 간	13.760	2	6.880	23.022**
굽기 내	37.399	20	1.870	

** $p<.01$

4. 회외 운동 시 손잡이 굽기에 따른 평균파워

회외 운동 시 각 손잡이 굽기 간의 평균파워의 차이를 비교했을 때 최소와 중간 간에는 평균차가 1.425, 중간과 최대 간에는 평균차가 1.091로 평균파워에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 최소와 최대 간에는 평균차가 0.334로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(표 7)(표 8).

5. 회내 운동 시 손잡이 굽기에 따른 최대 힘 효율

회내 운동 시 각 손잡이 굽기 간의 최대 힘 효율의 차이를 비교했을 때 최소와 중간 간에는 평균차가 1.456, 중간과 최대 간에는 평균차가 0.852, 최소와 최대 간에는 평균차가 0.603으로 최대 힘 효율에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(표 9)(표 10).

6. 회내 운동 시 손잡이 굽기에 따른 총일량

회내 운동 시 각 손잡이 굽기 간의 총일량의 차이를 비교했을 때 최소와 중간 간에는 평균차가 6.730, 중간과 최대 간에는 평균차가 4.260, 최소와 최대 간에는 평균차가 2.470으로 총일량에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(표 11)(표 12).

7. 회내 운동 시 손잡이 굽기에 따른 평균파워

회내 운동 시 각 손잡이 굽기 간의 평균파워의 차이를 비교했을 때 최소와 중간 간에는 평균차가 2.120, 중간과 최대 간에는 평균차가 1.371, 최소와 최대 간에는 평균차가 0.749로 평균파워에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(표 13)(표 14).

표 4. 회외 운동 시 손잡이 굽기 간의 최대 힘 효율의 차이의 일원분산분석

	최소	최대
중간	1.095*	.837*
최대	.258	

* $p<.05$

표 5. 회외 운동 시 손잡이 굽기 간의 총일량의 차이 유무

	평방합	자유도	평방평균	F 값
굽기 간	256.051	2	128.026	26.522**
굽기 내	1688.023	20	84.401	

** $p<.01$

표 6. 회외 운동 시 손잡이 굽기 간의 총일량 차이의 일원분산분석

	최소	최대
중간	4.882*	3.082*
최대	1.800	

* $p<.05$

표 7. 회외 운동 시 손잡이 굵기 간의 평균파워의 차이 유무

	평방향	자유도	평방향평균	F 값
굵기 간	23.338	2	11.669	24.034**
굵기 내	135.919	20	6.796	

** p<.01

표 8. 회외 운동 시 손잡이 굵기 간의 평균파워의 차이의 일원분산분석

	최소	최대
중간	1.425*	1.091*
최대	.334	

* p<.05

표 9. 회내 운동 시 손잡이 굵기 간의 최대 힘 효율의 차이 유무

	평방향	자유도	평방향평균	F 값
굵기 간	22.468	2	11.234	28.486**
굵기 내	90.481	20	4.524	

** p<.01

표 10. 회내 운동 시 손잡이 굵기 간의 최대 힘 효율 차이의 일원분산분석

	최소	최대
중간	1.456*	.852*
최대	.603*	

* p<.05

표 11. 회내 운동 시 손잡이 굵기 간의 총일량의 차이 유무

	평방향	자유도	평방향평균	F 값
굵기 간	486.802	2	243.401	27.046**
굵기 내	2,510.397	20	125.520	

** p<.01

표 12. 회내 운동 시 손잡이 굵기 간의 총일량 차이의 일원분산분석

	최소	최대
중간	6.730*	4.260*
최대	2.470*	

* p<.05

IV. 고 찰

본 연구는 손잡이 굽기 변화에 따른 전완의 회전근력의 최대 힘 효율(peak torque), 총일량(total work), 평균파워(average power)를 측정값으로 하여 그 평균값을 취하여 각각의 굽기에서 차이가 있는지 알아보기 위하여 실시하였다. 연구 결과 각각의 손잡이 굽기에 따라 최대 힘 효율, 총 일량, 평균 파워에서 유의한 차이를 보였다. 각각의 손잡이 굽기에서 얻어진 회전근력의 최대 힘 효율, 총 일량, 평균파워에서 회내 근력값이 회외 근력값보다 더 높은 결과치를 나타냈다. 본 연구에서는 등속성 장비를 이용하여 측정하여 방법적인 면에서 차이가 있지만 Matsuoka, Berger, Berqlund와 An(2006)의 연구에서 전완의 회전 각도에 따른 회내근과 회외근의 등척성 최대 힘 효율을 측정한 결과 전완의 회전 각도에 관계없이 회내근이 유의하게 높은 수치를 보고한 바 있어 선행연구를 지지하고 있다.

본 연구에서 실시한 전완의 회전 운동은 손잡이를 잡고 실시하게 되고 손잡이는 원통형 잡기에 해당된다. 원통형 잡기 상태를 유지하기 위해 수지굴근 들의 활동이 증가하게 된다. 특히 본 연구와 같은 역동적 손가락의 쥐기에는 수지굴근이 넓게 작용하게 된다(Pamela & Cynthia, 2001). 수지굴근 힘 효율이 증가되고 이는 회내근과의 협력근 작용(synergistic activity)을 증가시키게 되어 회외 근력보다 회내근력이 높은 힘 효율을 가지도록 영향을 준 것으로 판단된다.

본 연구에서 각 손잡이 굽기에 따른 근력을 비교 분석해 보았을 때 최소, 최대 크기의 손잡이 굽기에 비해 중간 크기의 손잡이 굽기에서 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균 파워가 상대적으로 높은 수치를 나타내었다. Blackwell 등(1999)은 네 개의 grip circumference sizes (10, 13, 16, 18cm)를 구분하여 천지굴근(flexor digitorum superficialis)의 피로도와 최대수의 수축력(MVC)을 측정한 연구에서 각각의 크기에 따라 유의한 차이를 보였으며 16cm grip circumference size에서 가장 적은 피로도와 가장 큰 MVC 값을 보고한 선행 연구 결과를 지지하고 있다. 본 연구에서도 중간 크기(16cm) 손잡이에서 최소, 최대 크기보다 큰 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워를 보이는 것으로 나타났다. 이는 큰 악력과 적은 피로도를 가져오는 중간 크기의 손잡이 굽기에서 손가락굽힘근들의 활동성을 증가시키게 되고 증가된 수지굴근의 활동이 회내근과의 협력근 작용을 더 해 줌으로써 힘의 전달이 더 많이 이루어져서 최소, 최대 크기의 손잡이에서 보다 높은 큰 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워 결과가 나왔다고 판단된다.

이와 마찬가지로 최소 크기와 최대 크기의 손잡이에 해당하는 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워를 비교해 보았을 때 최대 크기가 최소 크기보다 더 높은 결과를 보여주었다. 이것은 원통형 잡기에서 제 2번째~5번째 중족지절관절들은 비대칭 척측편위(ulnar deviation)가 보통 일어나는데 이것은 더 척골 쪽으로 놓여 있는 손가락 관절들의 굽힘 범위를 증가시키기 위한 것이다. 척측편위

표 13. 회내 운동 시 손잡이 굽기 간의 평균 파워의 차이 유무

	평방합	자유도	평방평균	F 값
굽기 간	48.568	2	24.284	36.725**
굽기 내	208.849	20	10.442	

**p<.01

표 14. 회내 운동 시 손잡이 굽기 간의 평균 파워 차이의 일원분산분석

	최소	최대
중간	2.120*	1.371*
최대	.749*	

*p<.05

(ulnar deviation)는 손가락들이 엄지를 향하게 할 뿐만 아니라 MCP관절들과 MCP에 있는 굴곡근들의 건에 작용하여 외측 아탈구 시키는 경향을 만들어 낸다. 이것은 수지신전근의 능동적 혹은 수동적 장력에 의해 등척성으로 보조를 받는다. 그래서 원통형 잡기에서 수지신전근은 관절 압축력을 증가시키고 관절안정성을 강화시켜 준다(Chao, Opgrande, & Axmeare, 1976). 하지만 손잡이 굽기가 얇은 경우보다 굽은 경우 수지신전근의 근활성이 증가되고 최소 크기의 손잡이 굽기에는 과도한 손가락 굴곡으로 인한 능동불충분(active insufficiency)이 발생하여 회내/회외 동작을 방해하는 요소로 작용하여 본 연구에서와 같이 최소 굽기의 손잡이에서 최대 힘 효율, 총일량, 평균파워보다 최대 굽기의 손잡이에서 더 높은 결과를 가져오는 것으로 판단된다.

본 연구에서 회내근력 값에서는 최소와 최대 간에 유의한 차이를 보였으나 회외 근력값에서는 그렇지 않았다. De Smet, Tirex와 Stappaerts(1998)는 남자의 경우 회외 동작의 시작지점인 최대 회내 위치에서 전완의 회전 각도에 따른 회내/회외 근력을 연구했다. 여기에서 전완이 회내 위치에 있을 때의 악력(grip strength)이 중립이나 회외 위치보다 유의하게 낮게 나타난다는 것을 알아냈다. 이는 회외 운동이 시작되는 최대 회내 위치에서 초기 힘 전달에 불이익을 가져오게 되고 전 가동범위 내에서 손잡이를 쥐는데 어려움을 가져와서 이와 같은 결과가 나온 것으로 판단된다.

또한, Karen, Richard, James, Graham과 Thomas (2002)는 정상 성인에서 등척성 회내/회외 운동 시에 나타나는 회내/회외근의 근활성도를 연구한 결과 회내근의 근력은 전완의 회전 자세와 유의한 상관관계가 없었으나 회외근의 경우 전완이 회내 위치에 있을 때 높은 근활성도를 보이다가 회외 위치로 동작이 일어남에 따라 근활성도가 낮아지는 변화를 보고한 바 있어 초기 회내 위치에서의 회외력 전달에 어려움이 있었던 것으로 판단된다.

Aldien 등(2005)은 원통형 모양의 원기둥의 지름을 각각 30, 40, 48mm로 나누어서 접촉 압력을 연구한 결과에서 보여지듯 손가락이 원기둥에 모두 접촉이 이루어질수록 밀거나 당기거나 할 때의 접촉 압력이 최고로 높게 나타낸다고 보고하였다. 또한 미는 동작에서는 굽은 원기둥일 때 접촉 압력이 더 컸으며 당기는 동작에서는 얇은 원기둥이 더 큰 접촉압력을 보여주었다. 회외 동작에서는 쥐

기 동작에서 당기는 동작과 같은 모멘트가 생기며 회내 동작에서는 쥘 상태에서 미는 동작과 같은 모멘트가 발생한다. 회내 동작에서 굽은 손잡이의 경우 접촉 압력을 증가시키게 되지만 회외 동작의 경우 접촉 압력을 줄어들게 되어 쥐는 힘을 유지하는데 어렵게 되어 본 연구에서는 회외 동작에 대한 실험 결과가 굽은 굽기에서 값이 상대적으로 회내 동작에서의 값보다 작게 나왔다고 판단된다.

Moqk와 Keir(2003)는 전완과 손목관절 그리고, 악력(grip strength)의 상호 관련성에 관한 보고에 의하면 악력의 정도에 따라 신전근과 굴곡근의 근 활성화 정도가 달라졌는데 최대 악력의 5%, 50%에서는 신전근의 활성화가 굴곡근의 활성화보다 컸으나 75%, 100%에서는 신전근의 활성화가 굴곡근의 활성화보다 작았고 손목관절의 굴곡의 위치에 있으면 최대 악력의 40-50%까지 줄어들게 된다는 결과를 보고 하였다. 결과에 대한 분석 시 몇 가지 문제점을 찾을 수 있었는데 먼저 본 연구는 정상 성인 중 남성만을 연구 대상으로 하여 여성과의 비교가 어려웠으며, 오른손 우세손을 가진 대상자만을 대상으로 오른쪽 전완에 대해서만 실험을 실시하여 비우세손인 왼손과의 상호 연관성에 대한 평가를 내릴 수 없었다.

이런 추정상의 여러 문제점을 생각할 때, 정상 성인의 여성, 그리고 비우세손인 왼손에 대한 다른 표준치에 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 향후 한국인의 손의 크기에 적합한 손잡이 굽기를 정하는 것도 파악력과 전완 회전근력 연구에 대한 기초자료 및 손 공구와 손작업 시 필요로 하는 도구들의 적절한 손잡이 굽기 설정에 대한 중요한 요소라고 생각한다. 또한 본 연구는 산업체나 직업재활과 관련된 작업치료 분야 중에서 인간공학적인 이론을 활용한 작업환경개선 시에도 고려될만한 가치가 있을 것이라 사료된다.

V. 결 론

정상인 21명을 대상으로 Biodex System 3 Pro dynamometer를 이용하여 최소, 중간, 최대 크기의 손잡이 굽기에 대한 무작위 회외력과 회내력을 측정된 결과 다음과 같은 연구 결과를 얻었다.

첫째, 최소, 중간 그리고 최대 크기의 손잡이 굽기에 따른 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워가 유의한 차이

가 있었다($p<.01$). 둘째, 최소, 최대 크기의 손잡이 굽기에 비해 중간 크기의 손잡이 굽기에서 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워가 상대적으로 높은 수치를 나타내었다. 셋째, 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워를 비교 분석해 보았을 때 회외 동작 시 중간과 최대, 최소와 중간 간에는 유의한 차이가 있었으나($p<.05$) 최소와 최대 간에는 유의한 차이가 없었다. 넷째, 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워를 비교 분석해 보았을 때 회내 동작 시 중간과 최대, 최소와 중간, 최소와 최대 간에는 유의한 차이가 있었다($p<.05$).

이상의 결과로 손잡이를 쥐고 있는 상태에서 전완의 회전근육 변화가 손잡이 굽기 변화에 따라 회내력과 회외력이 최소, 중간 그리고 최대 크기의 손잡이 굽기에서 최대 힘 효율, 총일량 그리고 평균파워가 유의한 차이가 나타난다는 것을 알게 되었다. 이는 손잡이 굽기의 변화에 회내력과 회외력이 다르게 나타나고 산업현장에서의 사용 도구의 손잡이 굽기를 고려하여 적용해야 함을 말하며, 적절하지 않은 손잡이 굽기를 사용하여 지속적으로 움직임으로써 발생하는 손상을 막고 예방해야 할 것이다. 하지만 본 연구는 남성을 연구 대상으로 하였고 오른손 우세손에 대해서만 연구한 것이므로 향후 성별과 양손 비교를 통한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

강한수. (2001). 축구선수의 각 관절에 대한 등속성 근력이 슈팅 스피드에 미치는 영향. 석사학위논문, 고려대학교, 서울.

김병식, 장철민, 김연희, 김복옥. (1987). Jebsen Hand Function Test에 의한 정상 한국 소아의 손기능 평가. 대한재활의학회지, 11(1), 102-106.

손민균, 윤용순, 김복옥. (2001). 주관절 굴곡각도에 따른 회외, 회내 및 파악의 힘. 대한재활의학회지, 25(4), 678-683.

이동춘, 장규표. (1997). 한국성인의 악력특성분석에 관한 연구. 대한인간공학회지, 16(1), 73-83.

주민, 황병덕. (1998). 건관절 각도에 따른 악력변화. 대한물리치료학회지, 10(2), 77-86.

현수돈, 이윤근, 임상혁, 박희석. (2002). 자동차 조립 공정에서 작업 특성에서 따른 근골격계질환 증상호소

율과 관련 요인 분석. 대한인간공학회 춘계학술대회 논문집, 147-156

Aldien, Y., Welcome, D., Rakheja, S., Dong, R., & Boileau, P. (2005). Contact pressure distribution at hand-handle interface: Role of hand forces and handle size. *Ergonomics*, 35(3), 267-286.

Blackwell, J. R., Kornatz, K. W., & Heath, E. M. (1999). Effect of grip span on maximal grip force and fatigue of flexor digitorum superficialis. *Applied Ergonomics*, 35(3), 267-286.

Cannon, L. J., Bernacki, E. J., & Walter, S. D. (1981). Personal occupational factors associated with carpal tunnel syndrome. *Journal of Occupational Medicine*, 23(4), 255-258.

Chao, E. Y., Opgrande, J. D., & Axmeare, F. E. (1976). Three-dimensional force analysis of the finger joints in selected isometric hand function. *Journal of Biomechanics*, 9(6), 387-396.

De Smet, L., Tirex, B., & Stappaerts, K. (1998). Effect of forearm rotation on grip strength. *Acta Orthopaedica Belgica*, 64(4), 360-362.

Fess, E. E., & Moran, C. (1981). *Clinical assessment recommendations*. Indianapolis: American Society of Hand Therapist.

Frankel, V. H., & Nordin, M. (1989). *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Hallbeck, M. S., & McMullin, D. L. (1993). Maximal power grasp and three-jaw chunk pinch force as a function of wrist position, age, and glove type. *Industrial Ergonomics*, 11(2), 195-206.

Hislop, H. J., & Perrine, J. J. (1967). The isokinetic concept of exercise. *Physical Therapy*, 47(2), 114-117.

Imrhan, S. N., & Loo, C. H. (1988). Modelling wrist-twisting strength of the elderly. *Ergonomics*, 31(12), 1807-1819.

Kapandji, A. (2001). Biomechanics of pronation and supination of the forearm. *Hand Clinics*, 17(1), 111-122.

- Karen, D. G., Richard, D. P., James, A. J., Graham, J. W., & Thomas, A. M. (2002). Electromyographic activity and strength during maximum isometric pronation and supination effects in healthy adults. *Journal of Orthopedic Research*, 22(2004), 208–213.
- Matsuoka, J., Berger, R. A., Berqlund, L. J., & An, K. N. (2006). An analysis of symmetry of torque strength of the forearm under resisted forearm rotation in normal subjects. *Journal of Hand Surgery*, 31(5), 801–805.
- Mital, A., & Kilborn, A. (1992). Design, selection and use of hand tools to alleviate trauma of the upper extremities: Part II –the scientific basis(knowledge base) for the guide. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 10(1–2), 7–21.
- Moffroid, M., Whipple, R., Hofkosh, J., Lowman, E., & Thistle, H. (1969). A study of isokinetic exercise. *Physical Therapy*, 49(7), 735–747.
- Moffroid, M. T., & Whipple, R. H. (1970). Specificity of speed of exercise. *Physical Therapy*, 50(12), 1692–1700.
- Moqk, J. P., & Keir, P. J. (2003). The effects of posture on forearm muscle loading during gripping. *Ergonomics*, 46(9), 956–975.
- Napier, J. P. (1970). The prehensile movements of the human hand. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 38(B), 902–913.
- Pamela, K., & Cynthia, C. (2001). *Joint structure and function: A comprehensive analysis*. Australia: MacLennan & Pretty.
- Putz–Anderson, V. (1988). *Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs*. New York: Taylor and Francis.
- Richards, L. G., Olson, B., & Thomas, P. (1996). How forearm position affects grip strength. *American Journal of Occupational Therapy*, 50(2), 133–138.
- Ryerson, S., & Levit, K. (1997). *Functional movement reeducation*. London, England: Churchill Livingstone.
- Shin, Y. C., & Wang, M. J. J. (1996). Hand/tool interface effects on human torque capacity. *Industrial Ergonomics*, 18(2–3), 205–213.
- Tanaka, S., Wild, D. K., Seligman, P. J., Halperin, W. E., Behrens, V. J., & Putz–Anderson, V. (1996). Prevalence and work–relatedness of self–reported carpal tunnel syndrome among U.S. workers: Analysis of the occupational health supplement data of 1988 national health interview survey. *American Journal of Industrial Medicine*, 30(4), 500–503.
- Voorbij, A. I. M., & Steenbekkers, L. P. A. (2002). The twisting force of aged consumers when opening a jar. *Applied Ergonomics*, 33(1), 105–109.
- Yun, M. H. (1994). *A hand posture measurement system for the analysis of manual tool handling tasks*. Unpublished doctoral dissertation, Pennsylvania State University, Pennsylvania.

Abstract

Effects of Grip Size on Forearm Pronation and Supination

Shim Young-Hun^{*}, M.A., P.T., Jung, Jin-Hwa^{**}, M.A., O.T., Yu, Jea-Ho^{***}, M.A., P.T.

^{*}Dept. of Physical Therapy, Samsung Medical Center

^{**}Dept. of Occupational Therapy, Daebul University

^{***}Dept. of Physical Therapy, Sahmyook University

Objective : The purpose of this study was to identify the difference of peak torque, total work, and average power according to grip size (small, medium and maximal size) on forearm pronation and supination, and thereby provide research materials regarding grip, pronation, and supination strengths, and offer guidelines about optimal grip size of tools.

Methods : Twenty one healthy males who have right dominant hand were recruited for this study. Grip size was divided into three categories (13, 16 & 19cm), and the subjects were measured twice using Biodex System 3 Pro dynamometer isokinetic test. The data were analyzed using an SPSS 12.0 program for one-way repeated ANOVA and Bonferoni's correction.

Results : There was a significant difference in peak torque, total work, and average power according to grip size (small, medium & maximal size) ($p < .01$). Especially middle size of grip showed relatively high numerical value in the peak torque, total work, and average power. For peak torque, the total work, and average power were analyzed comparatively on forearm supination, and showed significant difference in medium vs. maximal and small vs. medium ($p < .05$), while for forearm pronation, they showed significant difference in medium vs. maximal, small vs. medium & small vs. maximal size ($p < .05$).

Conclusion : This study shows that there are significant differences in the peak torque, total work & average power according to grip size. Further study is needed to examine impacts of grip size and the sex on forearm torque, and to identify appropriate grip size for each hand.

Key words : Average power, Grip size, Isokinetic test, Peak torque, Total work