

BTE Work Simulator와 Jamar Dynamometer를 이용한 정상인의 악력, 측면파악력 및 삼점파악력의 측정

아주대학교 의과대학 재활의학교실

문혜원 · 나은우 · 이일영 · 구자원 · 김준환 · 오형석

Assessment of Grip Strength, Lateral Pinch Strength and Three Point Pinch Strength Measurement Using BTE Work Simulator and Jamar Dynamometer in Normal Adults

Hae Won Moon, Ueon Woo Rah, Il Yung Lee, Ja Weon Koo
Joon Hwan Kim and Hyoung Seok Oh

Department of Pysical Medicine & Rehabilitation Medicine
Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

Recently, increased emphasis has been placed on the need for rehabilitation professionals to objectively evaluate a patient's potential for a return to normal function. But, as the medical recovery nears completion, additional questions are commonly asked by physicians regarding work function and ability to return to full active employment. In the past, therapists have attempted to reestablish the work situation using real tools, however, these machines are expensive, spaces are limited, and it is potentially dangerous as well in some cases.

A BTE (Baltimore Therapeutic Equipment) Work Simulator overcomes these shortcomings. It can be used for isometric and isotonic evaluation and treatment, it also assists in providing information needed to make determinations on the progress in therapy, return-to-work status and job modifications.

We planned to obtain data on normative isometric, dynamic strength and endurance of grip, lateral pinch and three point pinch using BTE Work Simulator model WS20 and to compare these data with Jamar Dynamometers set which measure only isometric strength. We also compared these data between ages and sexes.

This study will be helpful in clinical applications of the BTE Work Simulator in providing more specific job-related occupational therapy and developing special vocational rehabilitation program. (Ajou Med J 1998; 3(2): 137 ~ 146)

Key Words: BTE work simulator, Jamar dynamometer, Grip strength, Lateral pinch strength, Three point pinch strength

서 론

최근 신체 장애자의 기능회복에 있어서 장애를 가진

환자가 현재 얼마만큼의 능력이 남아 있는지를 객관적으로 평가하고자 하는 요구가 재활 전문팀들 사이에 증가되고 있다.¹

수상 후 상 근력과 기능을 측정하는 방법으로 dynamometer, pinch gauge 그리고 관절운동범위를 측정하는 goniometer 등이 사용되어 왔으나, 이러한 측정자료들은 환자가 회복해감에 따라 환자의 직업과 관련된

저자연락처: 문혜원, (442-749) 경기도 수원시 팔달구 원천동 산 5, 아주대학교 의과대학 재활의학교실, Tel (0331) 219-5802

*본 논문은 1996년 아주대학교 의료원 교수 연구비 보조에 의해 이루어 졌음.

손의 힘이나 기능의 평가 또는 직장의 복귀를 결정하는데 있어서 제한적인 자료 밖에 제공하질 못하고 있다. 또한 실제 작업에 사용하였던 기계나 연장을 가지고 작업치료를 시행하기도 하지만 이는는 공간적, 비용적 문제, 그리고 어떤 경우에는 위험한 요소까지 있어 많은 제한점이 있어 왔다.²

BTE Work Simulator는 이러한 단점들을 보완하고 극복하기 위하여 1979년에 Baltimore에 있는 Union Memorial Hospital에서 Curtis와 Engalitcheff에 의해 개발이 되었다. BTE Work Simulator에는 다양한 작업활동을 재현할 수 있는 19개의 도구가 부착되어 있어 환자가 장애 이전에 직장에서 하던 일을 최대한 비슷하게 수행하는 훈련을 받을 수 있도록 제작되었다. 이 기계는 조절판(control console)에 표시되는 힘과 일의 양, 그리고 운동 시간 등을 화면을 통해 볼 수 있어 치료자와 환자가 적절하게 정보를 교환하고, 환자에게 되먹임(feedback)을 줄 수 있으며, 환자는 작업장에서 실제로 일하는 듯한 느낌을 가져 직장의 복귀율을 증가시킬 수 있다.³ 기존의 고정된 자세에서의 정적 근력(static strength)만을 주로 측정할 수 있었던 기계들과는 달리 BTE Work Simulator는 정적 근력의 측정 뿐만 아니라 반복해서 관절을 움직일 때의 동적 근력(dynamic strength)의 정량적 측정과 근육의 지구력(endurance) 측정도 가능하기 때문에 환자가 퇴원 후 이전의 작업에 복귀하는 것이 적절한지를 평가하는데 많은 도움을 줄 수 있다.

그동안 국내에서는 손기능 평가에 대한 자료로 Jebson hand function test를 이용한 평가 자료^{4,5}와 류마티양 관절염 환자에서 측정된 정적 근력에 대한 자료⁶ 등이 보고되어 왔다. 본 저자들은 각 작업에서 필요한 특정한 정상치를 구하는 기초 단계로서, 활동적으로 일하는 시기인 20대에서 40대의 정상 성인을 대상으로 BTE Work Simulator를 이용하여 손의 악력(grip strength), 측면과악력(lateral pinch), 삼점과악력(three point pinch)에 관련된 손의 정적 근력, 동적 근력 그리고 지구력을 측정하고자 하였다. 그리고 여기서 측정된 정상치를 Jamar Dynamometer set(이하 Jamar Dynamometer)로 측정된 손의 악력, 측면과악력 및 삼점과악력의 측정치들과 비교하여 향후 BTE Work Simulator를 이용한 효과적이고 보다 과학적인 작업치료 시행에 필수적인 기초 자료를 얻고자 하였다.

연구대상 및 방법

1. 연구 대상

연구대상자는 손에 기능장애를 가져올 만한 특별한

신경, 근골격계의 질환이 없고 과거 손의 수상 경력이 없는 20대에서 40대까지의 건강한 정상 성인 남자 30명과 여자 30명을 대상으로 하였다. 직업은 회사원, 의사, 주부, 물리치료사, 간호사, 간병인 등이었으며, 직장 과 가정에서 일하는 외에 규칙적으로 손의 근력운동을 하는 사람은 대상에서 제외하였다. 연령 분포는 20세에서 49세까지로 평균 연령은 남자 33.4세, 여자 34.4세로 전체 평균은 33.9세였다. 검사대상자의 우성 손(Dominant hand)은 글씨를 쓰거나, 젓가락질을 하거나 칫솔을 잡을 때와, 망치를 쥐거나, 공을 던질 때, 카드를 돌릴 때 등과 같은 일상 생활중 주로 사용하는 손으로 하였으며 이러한 일상 생활에서 양손을 모두 쓰는 경우는 어린 시절 주로 사용했던 손을 확인하여 정하였다.

2. 평가 방법

연구대상자는 손의 악력, 측면과악력 및 삼점과악력을 일정한 자세를 유지하여 BTE Work Simulator(Model NO.WS20, Baltimore Therapeutic Equipment Company, Maryland, U.S.A.)와 Jamar Dynamometer set인 Jamar Hand Dynamometer(Model NO. MI 49203, Jackson Preston, Michigan, U.S.A.)와 Jamar Pinch Gauge(Model NO. II 60440-4989, Sammons Preston, Bolingbrook, U.S.A.)를 사용하여 측정하였다. 연구대상자의 전완부와 손목 관절은 중립위치로 하고 엄지의 바닥면과 굴곡상태의 둘째 손가락 요골측면 부위 사이로 측정기구를 잡게하여 측면과악력을 측정하였다. 삼점과악력은 피검자의 전완부를 90도 내회전한 상태에서 손목관절은 중립위치에 두고 아래로 향한 엄지 손가락의 원위지 부위의 바닥면과 둘째, 셋째 손가락의 바닥면 사이에 측정기구를 잡게하여 측정하였다. 견관절의 위치에 의한 영향을 최대한 줄이기 위하여 Mathiowetz등⁷의 방법으로 견관절은 내전시켜 몸에 자연스럽게 부착시키고 회전은 중립(neutrally rotation)으로 하였고, 주관절은 55도로 굴곡시킨 상태에서 전완부를 중립으로 하여 손목이 중립 위치에 놓이도록 하여 양쪽 손의 악력을 측정하였다.

악력, 측면과악력, 삼점과악력을 측정할 수 있는 BTE Work Simulator의 162번 연장을 이용하여 BTE Work Simulator 운동부(exercise head)의 A 홈(hole)에 162번 연장을 부착한 후 수동 정적 작동 상태에서 최대 등척성 수축으로 양쪽 손의 악력을 3회 측정된 평균치로 우력치(torque)를 구하였다. BTE Work Simulator의 사용자 매뉴얼에서 추천한 대로 이 평균 우력치의 50%에 해당하는 값을 저항(resistance)으로 정한 다음 검사자가 가능한 한 최대의 속도로 반복 동작을 10초간 시행하여 악력의 동적 근력을 측정하였다. 3회 실시한 동적근력의 힘

(power)을 평균하여 악력의 동적 근력 검사의 측정치로 하였다. 악력의 지구력 측정은 최대 등척성 수축시 우력치의 30%에 해당하는 값을 저항으로 설정한 후 검사자가 일정한 속도로 파악동작을 반복 시행하게 하여 악력이 처음 시작시보다 연속적으로 3회 이상 75% 미만(최초 악력을 100%로 했을때)으로 떨어질 때 까지 한 일의 양(work)으로 기록하였다. BTE Work Simulator의 사용자 매뉴얼에서는 양 손의 지구력 측정시 손상받은 손의 최대 등척성 수축의 3회 평균값의 50%에 해당하는 우력치를 저항으로 설정한 후 양 손의 지구력을 측정하도록 권장하였으나, 본 연구에서는 정상 성인을 대상으로 하였기 때문에 30%를 저항으로 설정하여 지구력을 측정하였다. 특히 지구력 측정 기간 동안 일정한 속도로 반복동작을 유지하는 것이 중요하다.

측면파악력과 삼점파악력은 162번 연장을 운동부의 B 홈과 D 홈에 각각 부착한 후 주관절을 90도 굴곡시킨 상태에서 측정하였다. 이때 측면파악력은 전완부와 손목관절을 중립위치에 두었으며, 삼점파악력은 전완부를 90도 내회전한 상태에서 손목 관절을 중립위치로 두었다. 자세만 다를 뿐 손의 악력을 측정할 때와 같은 방법으로 각각의 우력치와 힘(power) 그리고 지구력을 측정하였다.

Jamar Hand Dynamometer를 사용하여, BTE Work Simulator로 측정할 때와 같은 자세로 최대 등척성 운동을 3회 실시한 평균값으로 양쪽 손의 악력을 측정하였다. 또한 Jamar Pinch Gauge를 사용하여, BTE Work Simulator로 측정할 때와 같은 자세로 최대 등척성 운동을 3회 시행한 평균값으로 양쪽 손의 측면파악력과 삼점파악력을 측정하였다.

단위는 BTE Work Simulator에서 사용하는 대로 정적 근력(force)은 최대 우력치(torque: inch-pound)로, 동적 근력(power)은 engal (Inch-pound-degree/second)로, 그리고 지구력은 일(work: inch-pound-degree)로 측정하였다. engal은 단위시간 당 힘(power)으로서 그 수치에 0.00197을 곱하여 Watt값으로 환산할 수 있다. Jamar Dynamometer로 측정된 손의 악력, 측면파악력, 삼점파악력은 최대 정적 근력의 3회 평균 값의 힘으로서 lb(pound)를 단위로 하였다.

검사간 휴식 시간 간격은 최대 등척성 운동은 각 측정 사이를 2분으로 하였으며, 동적 근력과 지구력 측정시는 각 측정 사이에 5분 이상 쉬게하여 근육 피로로 인한 오차가 감소되도록 하였다. 검사 순서는 측면파악력과 삼점파악력을 먼저 검사한 후 악력을 측정하였고 특히 근육 피로를 호소할 때에는 2~3일 이내로 나머지 근력을 측정하였다.

3. 결과 분석

BTE Work Simulator를 사용하여 측정된 손의 악력, 측면파악력, 삼점파악력의 결과는 BTE Work Simulator에 장착된 컴퓨터를 통해 산출하였다. SPSS통계 프로그램(SPSS for Windows Release 7.5)을 이용하여 남녀간의 차이는 independent t-test로, 우성 손과 비우성 손의 비교는 paired t-test로, 연령별 비교는 one-way ANOVA를 이용하여 통계적 유의성을 검정하였다. Jamar Dynamometer를 사용하여 측정된 손의 악력, 측면파악력, 삼점파악력도 동일한 방법으로 통계적 유의성을 검정하였다. 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 으로 정하였다. 또한 BTE Work Simulator와 Jamar Dynamometer를 사용하여 각각 측정된 손의 악력, 측면파악력, 삼점파악력의 정적 근력은 단위가 서로 다르므로 피어슨 상관분석(Pearson's correlation analysis)으로 상관계수를 구하여 비교하였다.

결 과

1. BTE Work Simulator로 측정된 남자의 정적 근력의 측정

우성 손의 악력은 30대의 평균값이 335.3 ± 78.5 In-lb로 가장 컸고, 측면파악력은 30대의 평균값이 166.2 ± 27.9 In-lb로, 삼점파악력은 20대의 평균값이 181.4 ± 50.7 In-lb로 가장 컸다. 비우성 손의 악력은 30대의 평균값이 302.2 ± 72.4 In-lb로, 측면파악력은 30대의 평균값이 158.9 ± 21.7 In-lb, 삼점파악력은 20대의 평균값이 174.0 ± 45.7 In-lb로 가장 컸다. 각 연령간 정적 근력의 평균값은 통계적으로 유의한 차이가 없었고($p > 0.05$), 우성 손과 비우성 손의 정적 근력의 평균값은 악력과 측면파악력의 경우 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$)(Table 1).

2. BTE Work Simulator로 측정된 여자의 정적 근력의 측정

우성 손의 악력은 40대의 평균값이 160.4 ± 26.6 In-lb로 가장 컸고, 측면파악력은 30대의 평균값 107.1 ± 23.0 In-lb가, 삼점파악력은 30대의 평균값 132.5 ± 29.0 In-lb가 가장 컸다. 비우성 손의 악력은 30대의 평균값 167.1 ± 48.6 In-lb가 가장 컸고, 측면 파악력은 30대의 평균값 100.0 ± 24.5 In-lb가, 삼점파악력은 30대의 평균값 122.3 ± 27.0 In-lb가 가장 컸다. 각 연령간 정적 근력의

Table 1. Descriptive statistics of static measurement of BTE Work Simulator in male

Age	Statistics	Grip		Lateral		3-point	
		D	ND	D	ND	D	ND
20~29	Mean	308.5	286.9	162.8	151.4	181.4	174.0
	SD	63.6	80.7	35.2	24.3	50.7	45.7
30~39	Mean	335.3	302.2	166.2	158.9	177.4	169.3
	SD	78.5	72.4	27.9	21.7	29.1	36.7
40~49	Mean	303.0	295.6	154.7	152.1	157.4	162.4
	SD	68.0	70.2	18.6	19.1	26.3	26.2
Total	Mean	315.6	294.9	161.3	154.2	172.1	168.5
	SD	69.3	72.2	27.5	21.3	37.3	36.1
p-value		0.005		0.031		0.378	

D: dominant hand, ND: non-dominant hand, SD: standard deviation (Unit:In-lb)

Table 2. Descriptive statistics of static measurement of BTE Work Simulator in female

Age	Statistics	Grip		Lateral		3-point	
		D	ND	D	ND	D	ND
20~29	Mean	152.9	147.0	102.0	94.6	126.9	117.7
	SD	57.2	56.3	35.5	26.5	36.0	26.1
30~39	Mean	158.6	167.1	107.1	100.0	132.5	122.3
	SD	39.8	48.6	23.0	24.5	29.0	27.0
40~49	Mean	160.4	150.0	105.9	97.6	117.5	111.8
	SD	26.6	29.5	25.1	20.4	20.9	21.8
Total	Mean	157.3	154.7	105.0	97.4	125.6	117.3
	SD	41.7	45.5	27.5	23.2	28.9	24.6
p-value		0.365		0.015		0.013	

D: dominant hand, ND: non-dominant hand, SD: standard deviation (Unit:In-lb)

평균값은 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 우성 손과 비우성 손의 정적 근력의 평균값은 측면 파악력과 삼점 파악력에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$)(Table 2).

3. BTE Work Simulator로 측정된 남자의 동적 근력의 측정

우성 손의 악력은 30대의 평균값이 4806.7 ± 810.5 engal로 가장 컸고, 측면파악력과 삼점파악력은 20대의 평균값이 각각 1569.0 ± 670.4 engal, 2247.0 ± 1034.3 engal로 가장 컸다. 비우성 손의 경우 악력은 40대의 평균값이 4156.6 ± 533.4 engal로 가장 컸고 측면파악력과 삼점파악력은 20대의 평균값이 각각 1479.8 ± 512.5 engal,

2420.9 ± 1394.0 engal로 가장 컸다. 각 연령간 동적 근력의 평균값은 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 우성 손과 비우성 손의 동적 근력의 평균값은 악력에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$)(Table 3).

4. BTE Work Simulator로 측정된 여자의 동적 근력의 측정

우성 손의 악력은 30대의 평균값이 2531.3 ± 949.2 engal로 가장 컸고, 측면파악력은 30대의 평균값이 841.8 ± 491.6 engal로, 삼점파악력은 20대의 평균값이 각각 1170.3 ± 667.4 engal로 가장 컸다. 비우성손의 악력은 30대의 평균값이 가장 컸고, 측면파악력과 삼점파악력은 20대의 평균값이 가장 컸다. 각 연령간 동적 근력의 평

Table 3. Descriptive statistics of dynamic measurement of BTE Work Simulator in male

Age	Statistics	Grip		Lateral		3-point	
		D	ND	D	ND	D	ND
20~29	Mean	4535.8	4022.9	1569.0	1479.8	2247.0	2420.9
	SD	1342.0	1051.0	670.4	512.5	1034.3	1394.0
30~39	Mean	4806.7	4132.9	1086.9	1006.3	1610.4	1517.2
	SD	810.5	705.1	328.0	305.1	391.7	329.0
40~49	Mean	4095.8	4156.6	942.1	905.8	1974.9	1593.0
	SD	550.0	533.4	193.0	248.9	1226.5	350.1
Total	Mean	4479.5	4104.1	1199.4	1130.6	1944.1	1843.7
	SD	972.3	767.4	508.6	441.0	957.5	920.9
p-value		0.006		0.189		0.587	

D: dominant hand, ND: non-dominant hand, SD: standard deviation (Unit:engal)

Table 4. Descriptive statistics of dynamic measurement of BTE Work Simulator in female

Age	Statistics	Grip		Lateral		3-point	
		D	ND	D	ND	D	ND
20~29	Mean	1797.3	1764.8	817.0	795.9	1170.3	1103.2
	SD	592.0	510.6	660.7	659.6	667.4	707.0
30~39	Mean	2531.3	2289.8	841.8	686.2	1056.5	962.1
	SD	949.2	762.3	491.6	350.8	445.6	409.0
40~49	Mean	2120.5	2232.1	604.4	640.5	948.4	891.8
	SD	352.5	308.9	165.5	192.7	235.2	214.1
Total	Mean	2149.7	2095.6	754.4	707.5	1051.7	985.7
	SD	721.3	590.1	480.3	434.9	476.6	478.8
p-value		0.318		0.291		0.024	

D: dominant hand, ND: non-dominant hand, SD: standard deviation (Unit:engal)

군값은 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 우성 손과 비우성 손간에 동적 근력의 평균값은 삼점 파악력의 경우 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$)(Table 4).

5. BTE Work Simulator로 측정한 남자의 지구력의 측정

우성 손의 지구력을 측정한 결과 악력, 측면파악력 및 삼점파악력의 평균값은 20대가 각각 89619.2 ± 45268.1 In-lb-deg, 34755.2 ± 13462.2 In-lb-deg, 54182.6 ± 23655.1 In-lb-deg로 가장 컸다. 비우성 손의 경우 측면파악력은 40대의 평균값이 가장 컸으나 악력과 삼점파악력은 20대의 평균값이 가장 컸다. 각 연령간 지구력의

평균값과 우성과 비우성 간에 악력과 삼점파악력은 통계적으로 유의한 차이가 없었으나($p > 0.05$), 측면파악력의 평균값은 우성 손과 비우성 손사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$)(Table 5).

6. BTE Work Simulator로 측정한 여자의 지구력의 측정

우성 손의 지구력을 측정한 결과 악력의 평균값은 40대가 47383.8 ± 12460.9 In-lb-deg로 가장 컸으나 측면파악력과 삼점파악력은 20대의 평균값이 각각 18965.0 ± 16185.0 In-lb-deg, 31455.7 ± 29568.6 In-lb-deg로 가장 컸다. 비우성 손의 경우에는 악력과 삼점파악력의 평균값은 40대가, 측면파악력의 평균값은 20대가 가장 컸

Table 5. Descriptive statistics of endurance measurement of BTE Work Simulator in male

Age	Statistics	Grip		Lateral		3-point	
		D	ND	D	ND	D	ND
20~29	Mean	89619.2	84228.8	34755.2	23964.8	54182.6	48083.5
	SD	45268.1	42313.4	13462.2	12582.1	23655.1	26515.2
30~39	Mean	82068.3	74652.2	26552.4	22797.0	36920.5	35717.9
	SD	20714.9	17193.8	11748.7	10582.2	12280.1	10277.4
40~49	Mean	83652.2	70526.7	33377.5	28549.7	38272.3	38685.3
	SD	15891.0	7527.8	10284.1	14809.8	8976.7	14195.4
Total		85113.2	76469.3	31561.7	25103.8	43125.1	40828.9
SD		29299.0	26482.1	12050.3	12582.8	17579.0	18499.9
p-value		0.062		0.001		0.298	

D: dominant hand, ND: non-dominant hand, SD: standard deviation

(Unit: In-lb-degree)

Table 6. Descriptive statistics of endurance measurement of BTE Work Simulator in female

Age	Statistics	Grip		Lateral		3-point	
		D	ND	D	ND	D	ND
20~29	Mean	35377.2	33049.9	18965.0	19292.9	31455.7	28546.0
	SD	18391.1	13333.7	16185.0	19983.5	29568.6	23563.4
30~39	Mean	37099.0	34373.8	18472.0	17405.5	21972.0	17456.2
	SD	20750.4	10909.3	16933.0	12838.7	8253.0	7788.9
40~49	Mean	49564.9	45223.2	18480.7	16470.8	30170.4	29280.4
	SD	16016.2	14553.6	12859.2	12796.7	16265.1	18223.6
Total		40680.4	37549.0	18639.2	17723.1	27866.0	24318.9
SD		18961.7	13733.5	14888.0	15077.6	19819.9	17893.6
p-value		0.054		0.419		0.052	

D: dominant hand, ND: non-dominant hand, SD: standard deviation

(Unit: In-lb-degree)

다. 각 연령간 및 우성 손과 비우성 손간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$)(Table 6).

면과악력과 삼점과악력의 경우는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$)(Table 7).

7. Jamar Dynamometer로 측정된 남자의 정적 근력의 측정

우성 손의 악력과 측면과악력은 30대의 평균값이 각각 99.5 ± 15.4 lb, 24.4 ± 3.3 lb로 가장 컸고, 삼점과악력은 40대의 평균값이 21.7 ± 6.7 lb로 가장 컸다. 비우성 손의 악력과 측면과악력은 30대의 평균값이 각각 96.1 ± 20.1 lb, 22.3 ± 3.7 lb로 가장 컸고, 삼점과악력은 20대의 평균값이 19.6 ± 4.8 lb로 가장 컸다. 각 연령간 정적 근력의 평균값과 우성 손과 비우성 손의 악력의 평균값은 통계적으로 유의한 차이가 없었으나($p > 0.05$), 측

8. Jamar Dynamometer로 측정된 여자의 정적 근력의 측정

우성 손의 악력은 40대의 평균값이 60.8 ± 7.0 lb로 가장 컸고, 측면과악력과 삼점과악력은 30대의 평균값이 각각 15.2 ± 2.6 lb, 12.9 ± 3.6 lb로 가장 컸다. 비우성 손의 악력은 20대의 평균값 58.6 ± 11.0 lb가 가장 컸고, 측면과악력과 삼점과악력은 30대의 평균값이 각각 14.7 ± 1.8 lb, 12.8 ± 3.0 lb로 가장 컸다. 각 연령간에서 정적 근력의 평균값은 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 우성 손과 비우성 손의 정적 근력의 평균값에

Table 7. Descriptive statistics of static measurement of Jamar dynamometer in male

Age	Statistics	Grip		Lateral		3-point	
		D	ND	D	ND	D	ND
20~29	Mean	92.8	91.7	23.5	22.1	21.6	19.6
	SD	10.1	9.9	4.1	3.8	4.0	4.8
30~39	Mean	99.5	96.1	24.4	22.3	21.3	19.0
	SD	15.4	20.1	3.3	3.7	3.3	3.9
40~49	Mean	95.7	93.8	21.1	20.5	21.6	17.5
	SD	9.9	13.1	4.1	4.8	6.7	4.2
Total	Mean	96.0	93.6	23.0	21.6	21.5	18.7
	SD	12.0	14.6	4.0	4.1	4.7	4.3
p-value		0.076		0.032		0.000	

D: dominant hand, ND: non-dominant hand, SD: standard deviation (Unit:lb)

Table 8. Descriptive statistics of static measurement of Jamar dynamometer in female

Age	Statistics	Grip		Lateral		3-point	
		D	ND	D	ND	D	ND
20~29	Mean	57.6	58.6	13.2	13.0	12.4	11.9
	SD	11.3	11.0	3.2	2.6	2.4	1.9
30~39	Mean	60.1	56.7	15.2	14.7	12.9	12.2
	SD	12.2	11.3	2.6	1.8	3.6	3.0
40~49	Mean	60.8	56.6	14.4	13.4	12.2	11.9
	SD	7.0	11.0	3.7	2.3	3.5	2.7
Total	Mean	59.5	57.3	14.3	13.7	12.5	12.0
	SD	10.2	10.6	3.2	2.3	3.1	2.4
p-value		0.030		0.062		0.070	

D: dominant hand, ND: non-dominant hand, SD: standard deviation (Unit:lb)

서 악력은 통계적으로 유의한 차이가 있었으나($p < 0.05$), 측면파악력과 삼점파악력은 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$)(Table 8).

9. 검사결과에 대한 남녀 비교

BTE Work Simulator와 Jamar Dynamometer를 이용하여 측정한 모든 검사치에서 남자와 여자를 비교할 때 남자에서 통계적으로 유의하게 더 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$).

10. BTE Work Simulator와 Jamar Dynamometer로 측정한 정적 근력의 비교

BTE Work Simulator로 측정한 악력, 측면파악력과 삼

점파악력의 정적 근력은 162번 연장을 사용하여 측정 한 값이며 우력치(torque)는 중심축에서 힘이 작용한 거리가 고려된 값으로서 단위는 In-lb(inch-pound)로 나타 내나 Jamar Dynamometer로 측정한 악력, 측면파악력과 삼점파악력의 정적 근력은 lb(pound)나 kg으로 표시된 다. 두 측정기구를 사용하여 측정한 정적 근력의 측정치를 피어슨 상관분석으로 비교 분석한 결과 유의수준 0.01 이하에서 통계적으로 유의한 상관관계가 있었다 (Table 9).

고 찰

작업치료는 19세기말 정신질환 환자를 위하여 처음

Table 9. Pearson's correlation between BTE Work Simulator and Jamar dynamometer in static measurement

Parameter	r (Pearson's correlation coefficient)		
	Male(n=30)	Female(n=30)	Total(n=60)
Grip-static-dominant	0.640*	0.678*	0.891*
Grip-static-non-dominant	0.563*	0.560*	0.834*
Lateral-static-dominant	0.504*	0.405*	0.758*
Lateral-static-non-dominant	0.513*	0.560*	0.807*
3 point-static-dominant	0.532*	0.674*	0.746*
3 point-static-non-dominant	0.592*	0.673*	0.780*

*p<0.01

시작된 이래 신체 장애자의 재활치료에 활용되면서 현재에는 재활의학적 치료에서 중요한 부분을 차지하고 있다. 작업치료는 치료라기보다는 훈련의 요소가 많으며, 환자의 필요에 따라서 여러가지 종류의 치료적 보조기구나 장비 등을 사용한다. 작업치료의 목표는 기능 장애를 가진 환자의 모든 능력을 충동원하여 일상생활에 필요한 여러가지 의미있는 동작들을 가능한 한 스스로 수행할 수 있게 하는 것이다.⁸ 따라서 일상생활을 하는데 필요한 상지 기능의 향상에 치료 목표를 두게 되며, 상지 중에서도 손의 힘과 기능은 매우 중요하다.

이러한 목적에서 여러가지 운동기계들이 개발되었으나 지금까지의 치료기계들은 환자에게 특별한 근육의 근력강화는 가능하게 하였으나 환자가 장애 이전에 하던 일이나 작업에 다시 적응하는데 필요한 만큼의 충분하며 조화된(coordinated) 운동을 제공하지는 못하였다.⁹ 그래서 실제로 직장에서 하는 작업활동과 유사한 여러 기구들을 가지고 재활치료를 시행하고 있으나 장소 또는 비용의 문제 때문에 제대로 수행하기가 어려운 경우가 많고, 어떤 면에서는 위험한 요소까지 있어 직업재활을 수행하기까지 많은 제약이 뒤따랐다. 그러나 BTE Work Simulator는 실제 작업에 쓰이는 기구를 사용하여 재활에 따르는 여러 비용의 문제, 장소의 문제, 안전에 대한 문제를 해결해 주고 있다. BTE Work Simulator는 특정한 일을 유사하게 구현할 수 있게 19개의 도구로 구성되어, 부착연장에 따라 기계조립동작, 작은 밸브를 돌리는 동작, hand drill을 조작하는 동작, 선반작업, 나사 돌리는 작업, 작은 손공구를 사용하는 작업, 밀기, 당기기, 톱질, 운전, 삼질, 망치질 등의 작업동작과 다리미질, 청소, 유리닦기, 열쇠 돌리기, 병뚜껑 열기 등의 일상생활동작, 그리고 악력, 파악력, 회내전, 회외전 등의 운동 목적에 따라 다양하게 사용할 수 있다. 즉 BTE Work Simulator를 이용하면 작업에 근접한 활동을 통해 여러 정보를 치료자와 환자가 얻을 수

있어, 보다 효과적인 재활치료가 이루어지게 되며, 직장 복귀율을 증가시킬 수 있다.³ 또한 정적 근력의 측정만 가능했던 기존의 평가 기구에 비해 동적 근력과 지구력까지 정량적으로 측정할 수 있다는 점에서, 그리고 그 결과가 바로 치료에 반영된다는 면에서 획기적이라 할 수 있다. 더군다나 우리나라는 산업화 과정으로 인하여 높은 산업재해의 발생률을 보이며, 매년 산업재해가 증가하는 추세에 있으며 이로 인하여 막대한 의료비 등이 지출되고 있으므로,¹⁰ 이러한 방향으로의 평가와 치료가 더욱 활성화되어야 할 것이다.

상지의 여러 부위 중 손은 가장 활동적인 동시에 가장 보호받지 못하는 부분이므로 상처받기 쉽고 손상의 빈도도 높은 곳이다. 그러므로 본 연구에서는 가장 활동적으로 일하는 시기인 20대에서 40대까지의 정상 성인에서 BTE Work Simulator를 이용하여 손의 악력, 측면파악력 및 삼점파악력의 정적 및 동적 근력과 지구력을 측정하여 정상 기준치를 얻었으며, Jamar Dynamometer를 사용하여 측정한 정적 근력의 값과 비교하였다.

몸의 자세와 운동부위의 고정상태는 근력의 측정치에 영향을 줄 수 있다.¹¹ Teraoka¹²는 손의 악력은 선 자세일 때가 가장 크고 앉은 자세, 누운 자세로 갈수록 감소한다고 하였고, Kraft와 Detels¹³는 손목의 위치와 손의 악력과의 상관관계에 관한 연구에서 선 자세에서 손목을 15도 굴곡한 상태로 측정하였을 때 가장 힘이 약하다고 하였다. 또한 Pryce¹⁴는 손목이 중립인 위치일 때가 가장 큰 힘을 낸다고 하였다. 본 연구에서도 이러한 점들을 고려해서 선자세에서 어깨관절은 내전시키고 주관절은 55도 굴곡, 전완부는 중립으로 유지한 상태에서 근력을 측정하였다.⁷ 모든 측정치는 3회 측정값의 평균을 구할 때에 검사-재검사의 신뢰도가 가장 크다고 한 Mathiowetz등¹⁵의 주장대로 각각 3회씩 시행한 값을 평균하여 구하였다.

연령과 손의 힘의 관계에 대해서는 여러 연구자들이

의한 보고가 있다.^{16~20} Kellor¹⁸은 20대가 가장 힘이 크고 그 이후부터는 연령과 반비례하여 손의 힘이 감소한다고 하였으며, Mathiowetz⁷은 25세에서 50세까지는 비교적 일정한 힘을 유지하다가 그 이후부터 힘이 감소한다고 하였다. 본 연구에서도 20대에서 40대 사이에 통계학적으로 의미있는 차이를 보이지 않았다.

여성 손과 비여성 손의 측정값들을 비교해 볼 때 BTE Work Simulator를 이용하여 측정한 경우 남자에서 악력의 동적 및 정적 근력의 평균값과, 측면과악력의 정적 근력과 지구력의 평균값은 통계적으로는 유의한 차이가 있었으며, 여자에서는 측면과악력과 삼점과악력의 정적 근력의 평균값과 삼점과악력의 동적 근력의 평균값 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). Jamar Dynamometer를 사용한 경우 남자에서는 측면과악력의 평균값과 삼점과악력의 평균값이 통계적으로는 유의한 차이가 있었고, 여자에서는 악력의 평균값이 통계적으로는 유의한 차이가 있었다. 본 연구에서는 남자의 경우 대개 악력과 측면과악력의 평균값이 여성 손과 비여성 손간에 통계적으로 유의한 차이를 보이거나 여성 손에서 더 큰 경향을 보였고, 여자에서는 주로 측면과악력과 삼점과악력의 경우 여성 손과 비여성 손간에 통계적으로 유의한 차이를 보이거나 여성 손에서 더 큰 경향을 보였다. Lunde²¹이 57명의 여대생을 대상으로 한 연구에서는 여성 손의 악력이 비여성 손의 악력에 비하여 13% 높게 측정되었으며, Petersen²²의 Jamar Dynamometer를 사용하여 악력을 측정한 연구에서는 오른손 잡이에서 여성 손이 비여성 손에 비해 12.7% 높게 나왔으나, 왼손 잡이에서는 0.08%의 악력의 차이만 측정되어 차이가 없음을 보고 하였다. 또 다른 연구의 결과에서는 여성 손에서의 측정치가 비여성 손보다 컸으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다.^{7,19,20} 그리고 측면과악력과 삼점과악력에 대한 비교도 적어 이에 대한 많은 대상군을 통한 차후의 연구가 필요하리라 생각된다.

BTE Work Simulator와 Jamar Dynamometer로 측정한 악력, 측면과악력과 삼점과악력의 모든 측정값의 남녀 비교에서는 남자에서 통계적으로 유의하게 더 높은 값을 나타내었으며, 모든 연령층이 남자에서 손의 힘이 여자보다 크다는 Ager²³과 Thorngren과 Werner²⁰의 연구와도 일치하였다. Lunde²¹의 연구에서는 신장과 체중이 손의 힘과 관련이 있다고 하여 앞으로 이러한 요인에 대한 연구도 병행되어야 할 것이다.

널리 사용하고 있는 Jamar Dynamometer와 BTE Work Simulator로 측정한 악력, 측면과악력과 삼점과악력의 정적 근력 사이에는 피어슨 상관분석으로 비교해 본 결과 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내었다. 이는

BTE Work Simulator와 Jamar Dynamometer를 이용하여 악력을 측정한 Beaton²⁴의 연구와 같은 결과를 보였다.

본 연구에서 측정된 BTE Work Simulator의 정상 기준치들은 여러 종류의 상지 기능장애를 가진 환자들의 재활치료 평가의 기초자료로 사용될 수 있고 정적 근력 이외에도 동적 근력의 측정과 지구력의 측정이 가능하며, 모의 작업 구현과 작업능력의 단계적 추적 비교도 가능하다. 그러므로 BTE Work Simulator를 적절히 이용하여 주기적으로 평가하면 직장복귀의 시기 결정에 이용될 수 있으리라 사료된다. 또한 이를 기초자료로 하여 여러 종류의 상지 기능 장애자의 직장 복귀율을 높일 수 있는 직업재활 프로그램의 개발에도 도움을 줄 수 있을 것이다.

결 론

BTE Work Simulator를 이용하여 20대에서 40대까지의 정상 성인 남녀 60명을 대상으로 손의 악력, 측면과악력 및 삼점과악력의 정적, 동적 근력 그리고 지구력의 정상치와 Jamar Dynamometer를 이용하여 동일 대상자의 악력, 측면과악력, 삼점과악력의 정적 근력을 구하였다. 본 연구에서 측정한 손의 악력, 측면과악력 및 삼점과악력은 손의 기능 평가의 객관적 자료로 이용될 수 있으며 상지의 수술 전 후의 평가 뿐만 아니라 기능장애를 가진 장애인들의 재활치료 및 직업재활 프로그램의 개발을 위한 기초자료로 이용될 수 있으리라 사료된다.

참 고 문 헌

1. Anderson PA, Chanoski CE, Devan DL, McMahon BL and Whelan EP: Normative study of grip and wrist flexion strength employing a BTE work simulator. *J Hand Surg Am* 15: 420-425, 1990
2. Pendergraft KJ, Cooper JK and Clark GL: The BTE Work Simulator. In *rehabilitation of the hand: Surgery & Therapy* (ed. Hunter JM, Schneider LH, Mackin EJ and Callahan A) St. Louis, C.V. Mosby, 1990, pp1210-1213
3. Curtis RM and Engalitcheff J: A work simulator for rehabilitating the upper extremity-preliminary report. *J Hand Surg Am* 6: 499-501, 1981
4. 김병식, 장철민, 김연희, 김봉욱: Jebson Hand Function Test에 의한 정상 한국 소아의 손기능 평가. *대한재활의학회지* 11: 102-106, 1987
5. 김연희, 최미숙, 김봉욱: Jebson Hand Function Test에 의한 정상 한국 성인의 손기능 평가. *대한재활의학회지* 8: 109-

- 114, 1984
6. 박홍식, 이강목, 김성윤: 류마티양 관절염 환자에서의 Grip 및 Pinch Strength에 대한 연구. 대한재활의학회지 13: 170-176, 1989
 7. Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M and Rogers S: Grip and pinch strength-normative data for adults. Arch Phys Med Rehabil 66: 69-74, 1985
 8. 김진호, 한태륜: 재활의학. 서울, 삼화출판사, 1995, pp71-75
 9. Taylor CL and Schwarz RJ: The anatomy and mechanics of the human hand-selected articles from artificial limbs. Huntington: Kreiger RE Publishing Inc, 1970
 10. 장명국: 산업재해와 직업병: 그 문제와 보상. 보증판, 서울, 석탑출판사, 1992, pp18-23
 11. Kulig K, Andrews J and Hay J: Human strength curves. Exerc Sports Sci Rev 12: 417-466, 1984
 12. Teraoka T: Studies on the peculiarity of grip strength in relation to body position and aging. Kobe J Med Sci 25: 1-17, 1979
 13. Kraft GH and Detels PE: Position of function of the wrist. Arch Phys Med Rehabil 53: 272-275, 1972
 14. Pryce JC: Wrist position between neutral and ulnar deviation that facilitates the maximum power grip strength. J Biomech 13: 505-511, 1980
 15. Mathiowetz V, Weber K, Volland G and Kashman N: Reliability and validity of hand strength evaluation. J Hand Surg 9A: 222-226, 1984
 16. Agnew PJ and Maas F: Hand function related to age and sex. Arch Phys Med Rehabil 63: 269-271, 1982
 17. Fisher MB and Birren JE: Age and strength. J Appl Psychol 31: 490-497, 1947
 18. Kellor M, Frost J, Silberberg N, Iversen I and Cummings R: Hand strength and dexterity. Am J Occup Ther 25: 77-83, 1971
 19. Schmidt RT and Toews JV: Grip strength as measured by the Jamar Dynamometer. Arch Phys Med Rehabil 51: 321-327, 1970
 20. Thorngren KG and Werner CO: Normal grip strength. Acta Orthop Scand 50: 255-259, 1979
 21. Lunde BK, Brewer WD and Garcia PA: Grip strength of college women. Arch Phys Med Rehabil 53: 491-493, 1972
 22. Petersen P, Petrick M, Connor H and Conklin D: Grip strength and hand dominance: challenging the 10% rule. Am J Occup Ther 43: 444-447, 1989
 23. Ager CL, Olivett BL and Johnson CL: Grasp and pinch strength in children 5 to 12 years old. Am J Occup Ther 38: 107-113, 1984
 24. Beaton DE, O'Driscoll SW and Richards RR: Grip strength testing using the BTE Work Simulator and the Jamar dynamometer: a comparative study. J Hand Surg 20A: 293-298, 1995
-