Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.22, No.2, pp.57-69, May 2003

작업형태 및 최대 수의적 수축에 따른 등척성 근지구력에 관한 연구

The Study of Isometric Endurance Time by Task Type and Maximum Voluntary Contraction

심정훈*, 이상도**

ABSTRACT

This study was performed to investigate the isometric endurance time as percentages of maximum voluntary contraction. Electromyogram(EMG) and Borg's CR-10 value were measured by push-pull-up-down tasks for 10 healthy males. The normalized EMG value and the MPF(mean power frequency) were used to estimate the muscle recruitment pattern and the development of muscle fatigue. The subjects exerted and maintained 5 levels of %MVC(maximum voluntary contraction) in 90°shoulder flexion/ 180°elbow extension at sitting posture. The up-task showed the lower endurance time and higher Borg's CR-10 value than the other task types. Comparing Rohmert's curve with the endurance time of task types, Rohmert's curve overestimated the endurance time of up-task and underestimated the endurance time of push-pull-down tasks. The normalized EMG value showed that muscles recruitment patterns were different from task types. The 4 muscles(biceps brachii muscle, tricep brachii muscle, middle deltoid muscle, trapezius muscle) recruitment patterns of up-task were higher than those of other tasks. The MPF value decreased with the endurance time, and the shift of MPF at up-task was larger than that of the other task types.

Keyword: endurance time, task type, normalized EMG, MPF, Borg's CR-10

* 동아대학교 대학원 산업시스템공학과
주소 : 604-714 부산시 사하구 하단 2동 840번지
전화 : 051-200-6730
E-mail : jhsim@smail.donga.ac.kr
** 동아대학교 기계산업시스템공학부

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

등척성 근지구력(isometric endurance)은 주어진 힘의 수준에서 유지되는 시간, 연속적(continuos) 또는 단속적인(intermittent) 힘의 발휘 과정이 유지되는 최대 기간, 휴식 상태로부터 시작된 등척성 힘 발휘에 의해 극도의 피로에 도달하는 시간 등을 의미하며, 상대적인 힘의 증가에 따라 지수함수적으로 감소하는 특징을 가지고 있다(Dieën et al., 1994, Mathiassen et al., 1999). 따라서 이러한 근지구력의 특징은 국소 근육의 힘 발휘에 의한 피로 정도를 나타내는 척도로써 특히 목과 어깨에 관련된 근골격계 장애(musculoskeletal disorders ; MSDs)를 평가하는데 이용되며, 표준시간 산정을 위한 피로여유(fatigue allowance)를 계산하는 기초자료 및 인간공학적 가이드라인으로 이용되어 오고 있다(Dul et al., 1994, Mital et al., 1991).

근지구력과 관련한 목과 어깨의 부하정도를 평가하기 위한 기존의 연구들은 %MVC (maximum voluntary contraction)와 어깨 및 팔꿈치의 각도의 변화에 따른 근육 부하 및 근육의 피로정도를 근전도(Electromyogram:EMG)의 RMS (root mean square) 및 MPF(mean power frequency)를 이용하여 분석하고 있으며, 그 결과를 살펴보면 RMS의 경우 근육과 작업자세에 따라 다양한 차이를 보이고 있으나, MPF의 경우 대부분의 연구에서 실험시작 시점에서는 고주파의 특성을 보이며, 실험종결 점에서는 저주파로 이동하는 특성을 나타내고 있다(Hermans et al., 1997, Garg et al., 2002, Gerdle et al., 1993, Mamaghani et al., 2001, Nieminen et al., 1995, Takala et al., 1993).

인간공학적 가이드라인으로서의 근지구력과 관련된 대표적인 연구로서, Rohmert 등(1986)은 근지구력 시간을 %MVC에 따른 함수로 표현하고 Rohmert's curve를 발표하였으며, 15%MVC이하의 상대적인 힘은 무기한적으로 유지될 수 있으며, 이는 피로를 야기시키지 않는다고 주장하였다. 또한 이러한 Rohmert's curve를 바탕으로 Grandjean(1988)은 15%MVC이하로 작업이 설계되어야함을 주장하였다. 그러나 Rohmert의 결과를 바탕으로 하는 인간공학적 가이드라인에 대한 의문이 제기되어 왔으며, 많은 연구결과들이 근지구력 시간에 차이가 있음을 주장하고 있다(Dieën et al, 1994, Nag, P. K., 1991, Rose et al., 1991).

이러한 Rohmert 등(1986)의 연구 및 기존의 연구들의 특징들을 살펴보면 근지구력의 측정에 있어 작업의 형태와 관계없이 상지와 몸통의 자세 및 %MVC에 의존한 평가를 하고 있으며, 주로 입식자세를 바탕으로 한 근지구력을 기준으로 가이드라인을 설정하고 있다.

따라서 본 연구에서는 좌식 작업하에서 다양한 작업형태와 %MVC에 따른 근지구력을 측정하고 또한 근전도를 이용한 근육의 동원패턴과 근육의 피로도 분석 및 신체부위에 대한 주관적 불편도를 측정하고자 하며, 이러한 결과를 바탕으로 Rohmert's curve의 좌식

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

작업에 있어서의 적용성을 평가하고, 근골격계 장애를 예방하기 위한 적절한 작업 방법을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 피실험자

본 연구에서는 평균 연령이 25-32세이고, 신체 상지의 상해 및 장애가 없는 남자 대학생, 대학원생 10명이 피실험자로 참가하였다.

피실험자 중 9명은 오른손, 1명은 왼손을 사용하였으며, 피실험자의 기본적인 인체계측 데이터 및 작업 방법에 따른 최대 근력은 표 1과 같다.

표 1. 피실험자의 인체계측 데이터

인체측정	평균	표준편차
연령 (yr)	27.90	2.13
신장 (cm)	175.03	2.94
몸무게 (kg)	68.50	5.93
앉은 어깨 높이 (cm)	60.10	2.01
어깨점 손끝 길이 (cm)	72.01	2.74
아랫팔 길이 (cm)	25.03	1.57
위팔 길이 (cm)	31.33	2.25
아랫팔 둘레 (cm)	26.13	2.81
위팔 둘레 (cm)	28.50	1.80
Push MVC (kgf)	9.83	2.59
Pull MVC (kgf)	14.80	2.78
Up MVC (kgf)	10.34	1.07
Down MVC (kgf)	9.98	1.43

2.2 실험장비

실험에 따른 근력을 측정하기 위하여 John Chatillon & Sons사에서 제작한 DHHT 100 strength gauge가 사용되었으며, 측정범위는 100 lbf × 0.1lbf이고 정확도는 전체 스케일의 ±1.0%이며, 측정된 값은 kgf단위로 환산하여 사용되었다. 근력 측정기는 높이 조절이 가능하도록 하여 벽면에 고정시켰으며, 주문 제작한 지름이 2cm인 손잡이가 근력 측정기에 부착되었다.

EMG 데이터 측정을 위하여 NORAXON사의 Myosystem 2000을 사용하여 표면전극(Surface electrode)으로부터 1,024Hz로 신호샘플을 획득하였으며, Bandpass filter (10-512Hz)를 사용하여 필터링 하였다.

2.3 실험변수 및 실험절차

실험에 사용된 독립변수로는 작업형태 4수준(push, pull, up, down)과 %MVC 5수준(10%, 30%, 50%, 70%, 90%), 측정근육 4수준, MPF분석을 위한 측정시점 2수준 그리고 불편도 측정에 따른 신체부위 3수준이 사용되었다. 작업형태는 그림 1과 같이 제한된 자세에서 상지에 의해 발휘되는 힘의 방향으로 결정하였다. 따라서 어깨점을 통과하는 시상면을 따라 발휘되는 미는 힘을 push, 당기는 힘을 pull, 위로 들어올리는 힘을 up, 그리고 아래로 누르는 힘을 down으로 정의하였다. 종속변수로서는 근지구력 시간, EMG 데이터를 이용한 RMS(root mean square)와 MPF(mean power fre-

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 2. 실험변수 및 수준

실 험 변 수	실 험 변 수 의 수 준
독 립 변 수	1. 작업형태 : push, pull, up, down 2. %MVC : 10%, 30%, 50%, 70%, 90% 3. 근 육 : biceps brachii muscle, tricep brachii muscle, middle deltoid muscle, trapezius muscle 4. MPF(mean power frequency) 측정점 : 작업시작점(first-point), 작업종료점(end-point) 5. 신체부위 : 전완(forearm), 상완(upper arm), 어깨(shoulder)
종 속 변 수	1. 근지구력(endurance time) 2. RMS(root mean square) 3. MPF(mean power frequency) 4. 신체부위에 따른 Borg's CR-10
통 제 변 수	1. 어깨/팔꿈치 자세 : 90°굴곡(flexion)/ 180°신전(extension) 2. 최대근지구력 시간 : 20 min.

quency), 그리고 Borg's CR-10 값이 사용되었다. EMG 데이터는 상완이두근(biceps brachii muscle), 상완삼두근 (tricep brachii muscle), 삼각근(middle deltoid muscle) 그리고 등세모근(trapezius muscle)을 통해 측정되었고, Borg's CR-10 값은 전완, 상완, 어깨에 대해 측정되었다.

통제변수로서는 앉은 자세에서 어깨의 각도가 어깨점을 기준으로 시상면(sagital plane)을 향하게 하여 어깨 굴곡 90°, 팔꿈치 신전 180°를 유지하도록 하였으며, 최대근지구력 시간은 20분으로 제한하였다. 실험변수는 표 2와 같다. 실험절차에 있어 피실험자는 먼저 기본적인 인체계측을 하게 되며, 측정되는 근육부위 위치에 표면전극을 부착하게 된다. 그 후 근력 측정기 정면에서 실험자

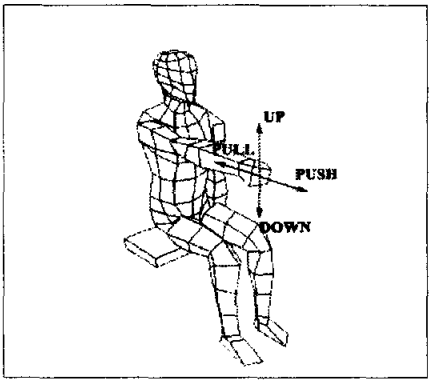

그림 1. 작업자세에 따른 작업형태

의 지시에 따라 자세를 취하게 되며, 이를 기준으로 근력 측정기의 위치를 조정하였다. 피실험자는 각 작업형태에 따라 3회 걸쳐 4초 동안 100% MVC를 먼저 측정하게 되며, 측정된 100% MVC를 이용하여 각각의 %MVC를 산출하였다. 피실험자는 랜덤한 순서로 각 %MVC에 따른 근지구력을 측정하게

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 3. 근지구력에 대한 분산분석 결과

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
작업형태	3	2837.65	945.88	234.71	0.0001
%MVC	4	6278.83	1569.01	389.51	0.0001
작업형태*%MVC	12	1492.16	124.35	30.86	0.0001

되며, 근지구력을 측정하는 동안 피실험자에게 10%, 30%, 50%MVC에 대해서는 매 1분마다 그리고 70%, 90%MVC의 경우에는 30초마다 Borg's CR-10 값을 말하도록 요구하였다. 만약 근지구력이 30초 미만일 경우에는 종료시점에서 Borg's CR-10 값을 측정하였다. 각 실험간에는 10분 이상의 충분한 휴식을 제공하였다.

3. 실험 결과

3.1 근지구력의 분석

측정된 근지구력 시간을 이용하여 ANOVA 분석 및 Duncan's Test를 실시하였으며, 그 결과는 표 3과 같다. 작업형태, %MVC 그리고 교호작용에 대하여 모두 유의적인 차이를 나타내었다($p<0.01$).

Duncan's Test 결과 작업형태의 경우, push(10.57)>pull(10.55)>down(7.45)>up(1.33)의 크기로 근지구력 시간의 차이가 발생했으며, push와 pull의 경우가 하나의 그룹으로 형성되었으며 up의 경우가 가장 근지구력이 짧은 것으로 나타났다. 또한 %MVC의 경우는 10%MVC(16.22)>30%(11.47)>50%(5.79)>70%(2.50)>90%(1.39)로 %MVC가 증가함에 따라 근지구력 시간이 감소하는 것으로 나타났다. 그림 2는 작업형태와 %MVC에 따른 교호작용을 나타내고 있으며, push와 pull작업을 기준으로 50%MVC를 기점으로 근지구력 시간에 반대의 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

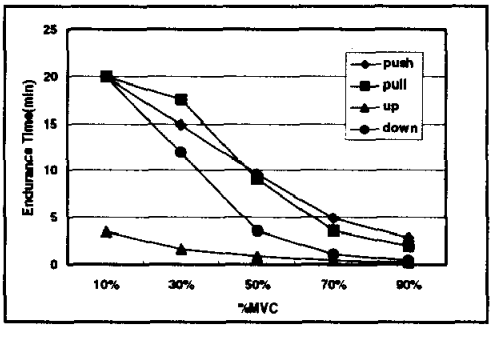

그림 2. 작업형태와 %MVC에 따른 근지구력

위의 결과를 바탕으로 4가지 작업 형태에 따른 지수 함수를 도출한 결과는 수식 (1)~(4)와 같으며, 모두 r^2 값이 0.7이상으로 나타났다. 또한 이러한 결과를 바탕으로 Rohmert's curve와 비교한 결과는 그림 3~그림 6과 같으며, push, pull 그리고 down의 작업형태는 Rohmert's curve보다 더 긴 근지구력 시간을 보여주고 있으나, up

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

작업형태의 경우 0에서 70 %MVC에 걸쳐서 Rohmert's curve보다 짧은 근지구력 시간을 보여주고 있다.

$$T_{\lim}(push) = 30.1128 \times \exp^{(-2.6795 \times \%MVC)}$$

$$r^2 = 0.762 \quad \text{식(1)}$$

$$T_{\lim}(pull) = 36.2973 \times \exp^{(-3.3448 \times \%MVC)}$$

$$r^2 = 0.783 \quad \text{식(2)}$$

$$T_{\lim}(up) = 4.3876 \times \exp^{(-3.4365 \times \%MVC)}$$

$$r^2 = 0.825 \quad \text{식(3)}$$

$$T_{\lim}(down) = 40.8727 \times \exp^{(-5.2623 \times \%MVC)}$$

$$r^2 = 0.877 \quad \text{식(4)}$$

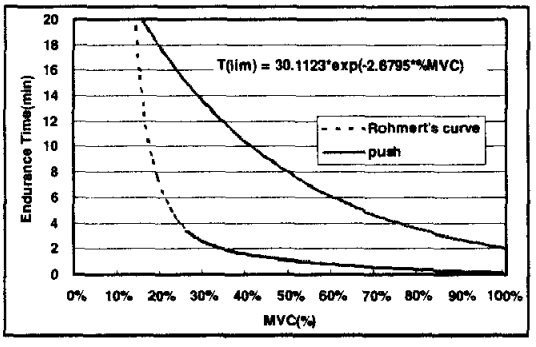

그림 3. %MVC에 따른 push 작업에서의 근지구력

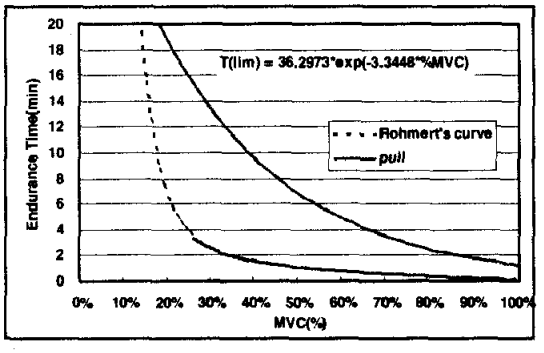

그림 4. %MVC에 따른 pull 작업에서의 근지구력

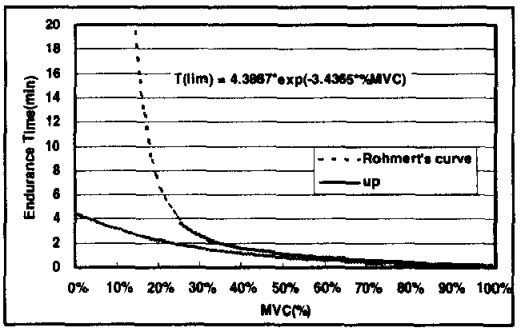

그림 5. %MVC에 따른 up 작업에서의 근지구력

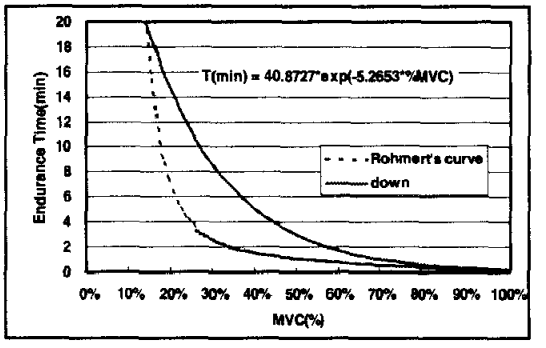

그림 6. %MVC에 따른 down 작업에서의 근지구력

3.2 근전도 데이터의 분석

필터링을 거친 EMG 데이터는 독립변수에 따른 근육별 부하 정도의 차이를 알아보기 위하여 RMS(root mean square)값으로 변환시킨 후 표준화를 실시하였으며, 또한 피로정도를 분석하기 위하여 MPF(mean power frequency) 분석을 실시하였다(NIOSH, 1992). 표준화는 작업에 따른 근육의 동원형태가 다르므로 각 작업형태에 따른 100% MVC에서 측정된 근육별 근전도 값 중 최대

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 4. 표준화 EMG에 대한 분산분석 결과

Source	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
작업형태	3	15.34171	5.113904	344.81	0.0001
%MVC	4	4.760666	1.190166	80.25	0.0001
근육	3	0.21143	0.070477	4.75	0.0028
작업형태 * %MVC	12	2.140825	0.178402	12.03	0.0001
작업형태 * 근육	9	8.572514	0.952502	64.22	0.0001

표 5. MPF에 대한 분산분석 결과

Source	DF	SS	MS	F-value	Pr>F
작업형태	3	330933.9	110311.3	107.4	0.0001
%MVC	4	122537.9	30634.48	29.83	0.0001
근육	3	45161.46	15053.82	14.66	0.0001
MPF 측정점	1	19256.16	19256.16	18.75	0.0001
작업형태 * %MVC	12	90050.5	7504.208	7.31	0.0001
작업형태 * 근육	9	78473.9	8719.322	8.49	0.0001

값을 이용하여 표준화를 실시하였다. 또한 MPF분석을 위하여 각 실험조합에서의 시작 시점과 종료시점에서의 데이터를 이용하였다. 표 4와 표 5는 각각 근육별 부하 정도와 피로정도를 분석하기 위하여 ANOVA분석을 실시한 결과이다.

표 4의 경우 작업형태, %MVC, 근육의 주효과와 작업형태와 %MVC 간의 교호작용 그리고 작업형태와 근육에 따른 교호작용이 유의적으로 나타났다($p<0.01$).

작업형태에 따른 표준화 EMG값은 up 작업에서 $\bar{x}=0.4820$로 가장 크고 다음으로 down($\bar{x}=0.1376$), pull($\bar{x}=0.1093$), push($\bar{x}=0.1068$)순으로 나타났다. 또한 %MVC에 따른 표준화 EMG 값은 그림 7에서처럼 %MVC가 증가함에 따라 모든 작업형태에 대하여 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 up

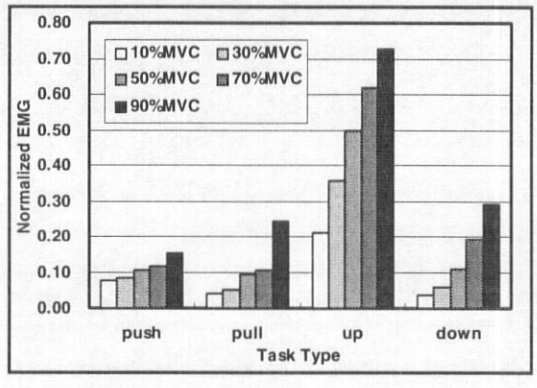

그림 7. 작업형태와 %MVC에 따른 표준화 EMG

작업형태의 경우 push, pull, down 작업에 비해 근육 동원의 정도가 상대적으로 크게 증가하는 것으로 나타났다. 그림 8의 경우 push, pull 작업의 경우가 up 작업에 비해 상대적으로 낮은 근육 동원 정도를 보이고 있으며, up 작업의 경우 상완삼두근을 제외한 모든 근육의 동원 정도가 다른 작업형태보다

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

큰 것으로 나타났으며, down 작업의 경우 상완삼두근이 상대적으로 가장 높은 동원 정도를 보이는 것으로 나타났다.

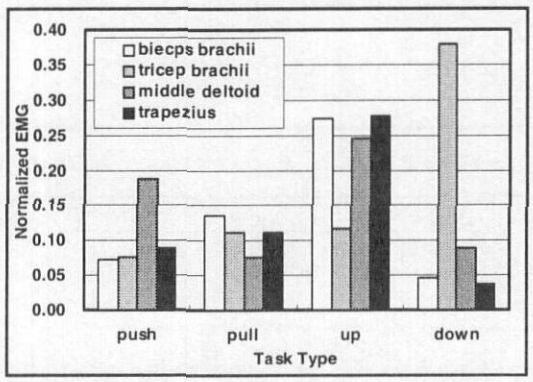

그림 8. 작업형태와 근육에 따른 표준화 EMG

표 5는 경우 작업형태, %MVC, 근육, 그리고 MPF 측정점인 주효과와 작업형태와 %MVC 그리고 작업형태와 근육의 교호작용에서 MPF값에 유의적인 차이를 보이고 있다 ($p<0.01$). 작업 시작점과 작업 종료점에서의 MPF 전체적인 변화량은 작업 시작점에서는 평균 $\bar{x}=49.133$ 였으며, 종료점에서는 평균 $\bar{x}=41.682$로 약 15%정도 감소함을 보였고, 그림 9는 4가지 근육의 MPF 평균값의 작업형태에 따른 변화를 보여주고 있으며, 그림 10은 각 근육에 대한 MPF 평균 변화를 보여 주고 있다. 작업형태에 따른 MPF의 변화량은 push 작업의 경우 15%, pull 작업의 경우 12%, up 작업의 경우 28% 그리고 down 작업의 20% 정도 감소하는 것으로 나타났다. 또한 근육에 따른 MPF 변화 정도는 상완이두근의 경우 15%, 상완삼두근의 경우 11%, 삼각근의 경우 13% 그리고 등세모근의 경우 20% 정도 감소한 것으로 나타났다.

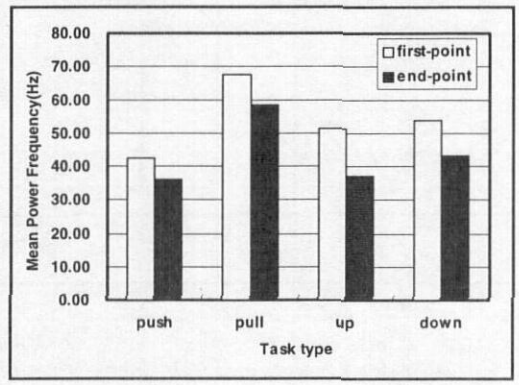

그림 9. 작업형태에 따른 MPF의 변화

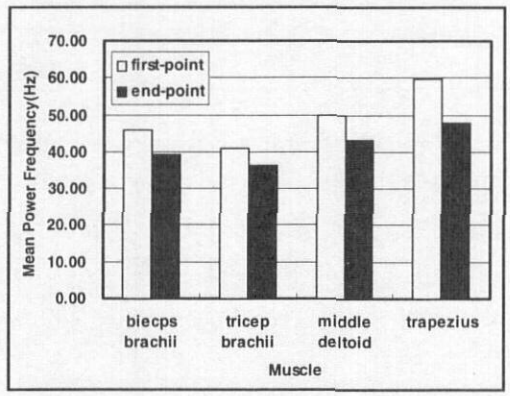

그림 10. 근육에 따른 MPF 변화

3.3 Borg's CR-10 데이터의 분석

Borg's CR-10 데이터에 대한 평균 및 표준편차는 표 6에서처럼 up 작업의 경우 평균값의 범위가 4.95~8.60으로 다른 작업형태보다 상당히 높은 값을 보여주고 있으며, 특히 어깨의 경우 상당한 불편도를 보여주고 있다. 이러한 Borg's CR-10 이용하여 ANOVA 분석을 실시한 결과, 표 7에서처럼 주효과와 작업형태와 %MVC 그리고 작업형

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 6. 작업형태와 %MVC에 따른 평균 Borg's CR-10

%MVC \ 작업형태		push			pull			up			down		
		FA	UA	SH	FA	UA	SH	FA	UA	SH	FA	UA	SH
10%MVC	평균	2.70	3.28	3.09	2.62	2.73	2.45	4.95	5.95	6.51	2.71	3.04	2.17
	표준편차	0.91	1.01	0.98	0.64	0.59	0.52	1.26	1.64	1.56	0.53	1.44	0.44
30%MVC	평균	4.11	5.23	5.00	3.80	3.46	2.96	5.37	6.53	7.17	3.95	4.79	4.60
	표준편차	1.16	1.45	1.60	0.69	0.58	0.52	0.15	0.50	1.27	0.90	1.22	0.72
50%MVC	평균	5.11	5.66	5.60	5.59	5.43	4.83	6.35	6.70	8.00	5.65	6.43	6.14
	표준편차	1.01	0.85	1.04	1.21	1.08	0.94	0.92	0.42	1.41	0.96	0.59	1.69
70%MVC	평균	5.93	5.93	5.26	5.89	5.23	4.75	6.50	7.10	8.30	6.63	7.59	7.24
	표준편차	1.65	1.12	1.07	0.87	0.57	0.55	1.08	1.37	1.49	0.80	1.02	0.89
90%MVC	평균	5.64	6.61	6.35	6.59	6.92	5.83	6.70	7.30	8.60	6.45	8.10	7.15
	표준편차	0.64	0.71	0.87	0.72	0.85	0.45	1.64	1.34	1.51	0.78	0.57	1.20

FA : forearm, UA : upper arm, SH : shoulder

표 7. Borg's CR-10에 대한 분산분석 결과

Source	DF	SS	MS	F-value	P-value
작업형태	3	684.66	228.22	66.75	0.0001
%MVC	4	3366.47	841.62	246.15	0.0001
신체부위	2	89.84	44.92	13.14	0.0001
작업형태 * %MVC	12	322.03	26.84	7.85	0.0001
%MVC * 신체부위	8	37.14	4.64	1.36	0.21
작업형태 * 신체부위	6	222.83	37.14	10.86	0.0001

태와 신체부위에서 유의적인 차이를 보이고 있으며($p<0.01$) Duncan's test의 결과 작업형태에 대해서는 up(5.91)>push(4.34)>down(3.78)>pull(3.72)의 순으로 나타났으며, %MVC에 대해서는 10%MVC(2.88)<30%(4.01)<50%(5.18)<70%(5.55)<90%(6.26)으로 나타났고, 그리고 신체부위에 대해서는 upper arm(4.35)>forearm(3.95), >shoulder(3.91)로 상완이 전체적으로 높은 값을 보여주고 있다.

그림 11과 12는 작업형태와 %MVC 그리고 작업형태와 신체부위에 대한 교호작용을 나타내고 있으며, up 작업형태에서 %MVC와 신체부위 모두에서 높은 불편도를 나타내고 있으며, pull 작업형태에서 가장 낮은 불편도를 나타내고 있다. 그러나 50%MVC 기준으로 push의 경우와 평균적으로 유사하거나 또는 높은 불편도를 보이고 있다. 이는 근지구력 평가에 있어 %MVC가 증가함에 따라 pull의 경우가 전체적으로 push의 경우보다 낮은 근지구력의 시간을 보이고 있으며, 이러한 근지구력 시간이 불편도에 영향을 미친 것으로 보인다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

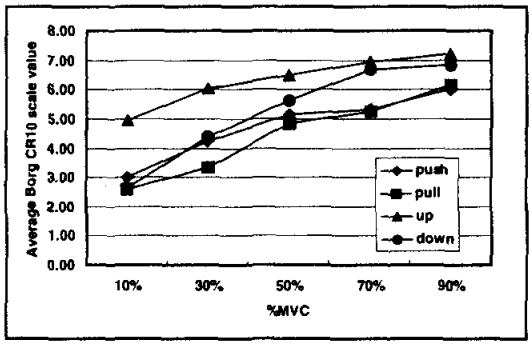

그림 11. 작업형태와 %MVC에 따른 Borg's CR-10 value

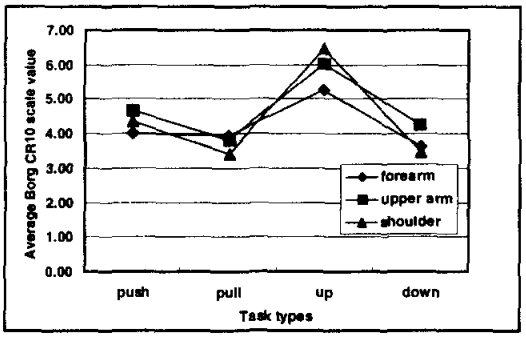

그림 12. 작업형태와 신체부위에 따른 Borg's CR-10 value

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 좌식작업하에서 다양한 작업형태에 따른 근지구력 특성 및 부하 정도를 살펴보았다. 먼저 근지구력에 대한 결과를 살펴보면, 작업형태에 따라서는 up 작업이 push, pull, down 작업에 비해 상당히 낮은 근지구력을 나타내었으며, 또한 Rohmert's curve와 비교해 볼 때, Rohmert's curve는 push, pull, down 작업에 대해서는 과소평가하고 있는 반면, up 작업에 따른 부하 정도는 상당히 과대평가하고 있음을 알 수 있다. 그러나 Rohmert 등(1986)의 연구에서 제시하는 근지구력은 입식 작업에 따른 상지와 몸통의 자세에 따른 영향을 나타내고 있으며, 본 연구의 내용에서는 좌식 작업에서의 작업형태에 따른 근지구력을 나타내고 있으므로 근지구력의 산업 현장으로의 적용에 있어 이러한 실험 조건에 대한 고려가 필요한 것으로 나타났다.

근전도를 이용한 근육 동원의 패턴 및 피로 분석의 결과에서는 push 작업에서는 삼각근이, pull 작업에서는 상완이두근이, down 작업에서는 상완삼두근이 가장 높은 근육 동원 패턴을 보였으며, up 작업의 경우는 상완이두근, 상완삼두근, 삼각근, 등세모근 모두 다른 작업형태에 비해 높은 근육 동원 정도를 나타내었다. MPF 분석 결과에서는 모든 작업에서 작업 시작점에 비해 작업 종료점에서 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 pull 작업에서 작업 시작점에 비해 작업 종료점에서 가장 작은 감소를 보인 반면, up 작업에서 가장 큰 감소를 보였다. 또한 근육별로 살펴보면 등세모근이 가장 큰 감소를 보여주고 있다. 따라서 up 작업의 부하가 가장 큰 것으로 나타났다.

마지막으로 Borg's CR-10 결과를 살펴보면 up 작업에서 가장 큰 불편도를 나타내고 있음으로써 근전도 분석 결과와 유사한 결과를 보이고 있으며, push와 pull 작업의 경우가 전체적으로 다른 작업형태에 비해 상대적으로 낮은 불편도를 보이고 있다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 작업장 평가

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

시에 Rohmert's curve의 적용에 있어 작업의 형태에 따른 고려가 반드시 필요한 것으로 보이며, 특히 작업장 설계시 up 작업 형태보다는 push 또는 pull의 형태의 작업장 설계가 필요한 것으로 보인다. 또한 근지구력과 관련된 근골격계 상해의 진단에 있어서도 작업의 형태에 따라 근육의 동원 형태와 피로의 정도가 다르므로 이에 대한 고려가 필요한 것으로 나타났다.

본 연구에서는 등척성 근지구력에 대하여 제한된 피실험자군과 작업자세하에서 수행되었다. 그러나 이러한 근지구력은 피실험자의 특성 및 작업 상황적 특성에 따라 차이가 있을 수 있다(Dieën et al., 1994). 따라서 좀더 다양한 피실험자군을 대상으로 한 실험이 앞으로 필요할 것으로 보인다. 또한 실제 좌식 작업의 경우 다양한 자세 조건하에서 다양한 작업 사이클을 가지고 장시간 동안 지속되는 경우가 많으며, 이러한 단속적인 정적 근지구력(intermittent static endurance) 및 등장성 근력(isokinetic strength)에 대한 연구가 필요한 것으로 보인다.

참고 문헌

Dul, J., Douwes, M., and Smitt, P., "Ergonomics guidelines for the prevention of discomfort of static postures based on endurance data," Ergonomics, 37(5), 807-815, 1994.

Garg, A., Hegmann, K. T., Schwoerer, B. J., and Kapellusch, J. M., "The effect of maximum voluntary contraction on endurance times for the shoulder girdle," International Journal of Industrial Ergonomics, 30, 103-113, 2002.

Gerdle, B., Edström, M., and Rahm, M., "Fatigue in the shoulder muscles during static work at two different torque levels," Clinical Physiology, 13(5), 469-482, 1993.

Grandjean, E., Fitting the Task to the Man, Taylor & Francis, London, 1988.

Hermans, V., and Spaepen, A. J., "Muscular activity of the shoulder and neck region during sustained and intermittent exercise," Clinical Physiology, 17(1), 95-104, 1997.

Mamaghani, N. K., Shimomura, Y., Iwanaga, K., and Katsuura, T., "Changes in surface EMG and acoustic myogram parameters during static fatiguing contractions until exhaustion : influence of elbow joint angles," Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science, 20(2), 131-140, 2001.

Mathiassen, S. E., and Åhsberg, E., "Prediction of shoulder flexion endurance from personal factors," International Journal of Industrial Ergonomics, 24, 315-329, 1999.

Mital, A., Bishu, Ram R., and

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

Manjunath, S. G., "Review and evaluation of techniques for determining fatigue allowance," International Journal of Industrial Ergonomics, 8, 165-178, 1991.

Nag, P. K., "Endurance limits in different modes of load holding," Applied Ergonomics, 22(3), 185-188, 1991.

Nieminen, H., Takala, E-P., Niemi, J., and Viikari-Juntura, E., "Muscular synergy in the shoulder during a fatiguing static contraction," Clinical Biomechanics, 10, 309-317, 1995.

NIOSH, Selected Topics in Surface Electromyograhpy for Use in The Occupational Setting : Expert Perspectives, U.S., D.H.H.S., Pub., 122-144, 1992.

Rohmert, W., Wangenheim, M., Minzer, J., Zipp, P., and Lesser, W., "A study stressing the need for a static postural force model for work analysis," Ergonomics, 29(10), 1235-1249, 1986.

Rose, L., Ericson, M., Glimskar, B., Nordgren, B., and Ortengrend, R., "A model to determine pause needs after fatigue and pain reaction during work," Advances in Industrial Ergonomics and Safety Ⅳ, Taylor & Francis, London, 1992

Takala, E-P., Lammi, S., Nieminen, H., and Viikari-Juntura, E., "Electromyographic changes in the static holding test of the arm", International Journal of Industrial Ergonomics, 12, 85-90, 1993.

van Dieën, J. H., and Oude Vrielink, H. H. E., "The use of the relation between relative force and endurance time," Ergonomics, 37(2), 231-243, 1994.

저자 소개

◈ 심정훈

동아대학교 산업시스템공학과를 졸업했으며, 현재 동 대학원 박사과정에 재학중이다. 관심분야는 생체역학, 산업안전이다.

◈ 이상도

한양대학교 공업경영학과를 졸업하고 동아대학교 기계·산업시스템공학부 교수로 재직중이다. 독일 Aachen 공대, 미국 Ohio State University 교환교수, 대한인간공학회 회장 및 산업공학회 영남지회장, 대한품질경영학회 부회장 등을 역임, 현재 한국지식산업시스템학회 명예회장에 재임중이다. 관심분야는 인간공학, 안전공학, 품질경영 및 TPM이다.

논문접수일 (Date Received): 2002/12/07
논문게재승인일(Date Accepted): 2003/02/24

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.