

골프 진행보조원의 하지근 피로도 EMG Measurement for Lower Leg of Golf Caddies

김 순 례* · 권 영 국**

I. 서 론

1. 연구의 필요성

피로의 기계적 의미는 근전도(EMG) 또는 자극률이 일정하게 유지됨에도 불구하고 근육의 힘이 감소되는 것을 의미하며, 자극에 의해 근육의 수축이 약해지는 현상을 피로라고 한다.

근전도는 근육의 힘이나 피로도 등의 근육 특성을 정량화할 수 있는 측정방법의 하나이다. 특히 국부 근육 피로 측정을 위한 지수로써 주파수 분석에 따른 MPF(Mean Power Frequency), 중간주파수(Median Frequency: MF)가 이용된다. 근육이 자발적 수축에 의해 피로가 축적되면 MPF, MF값이 감소하는 주파수 천이(Frequency Shift) 현상을 관찰할 수 있다(정소라와 정민근, 1993; 정명철과 김정룡, 1997).

따라서 근전도 분석은 EMG 신호를 이용하여 진폭의 크기나 주파수 전이현상을 분석(정명철과 김정룡, 1997)함으로써 주어진 외적 하중을 유지하기 위해 발휘되는 근력의 크기와 지속적으로 발휘되는 근력에 따른 근육의 피로 상태를 파악하게 된다.

다리의 피로를 푸는 방법에는 여러 가지가 있으나 시간적 여유가 많지 않을 때 용이한 수단으로 경사 발판을 이용하여 일정 시간 동안 그 위에서 있음으로써

하지 근육을 신장시켜 다리의 피로를 푸는 방법과 스트레칭 체조 등의 운동요법을 이용할 수 있다. 이 방법들의 효과에 대하여는 저자들의 선행연구에서 경사 발판의 효과가 일부 입증된 바 있었다.

저자 들(권영국 등, 1999)은 근무시간 내내 서서 일하는 서비스업에 종사하는 여성근로자의 무릎 아래 하지 근육의 피로를 푸는 방법으로써 스트레칭 체조 보다 경사발판이 더 효과적이라는 연구 결과를 발표한 바 있었다. 그러나 선행연구(권영국 등, 1999)에서는 대상자들의 근무형태가 일정한 장소에서 서서 일하는 정적인 입식작업형태였으며, 이 결과를 근무시간에 주로 걸으면서 골프 카트 등을 들고 내리거나 밀고 당기는 골프 진행보조원들에게도 적용 가능한지에 대하여는 연구된 바가 없다.

본 연구는 근무 중 주로 걷는 동시에 물체를 언덕을 따라 운반하는 형태의 작업을 병행하는 근로자들을 대상으로 유사한 실험을 함으로써 이들에게 적절한 발판 각도와 하지근 피로감소 효과를 확인 하고자 하였다.

2. 연구의 목적

본 연구는 일부 골프장에서 근무하는 골프 진행보조원들의 하지 근 피로를 줄이기 위해 적용한 경사 발판의 효과를 확인함으로써 근로자들의 피로회복을 위한

* 가톨릭대학교 간호대학

** 교신저자: 관동대학교 이공대학 산업시스템공학과

중재방법 개발에 필요한 자료를 제공하고자 연구를 시도하였다.

연구의 구체적 목적은 다음과 같다.

첫째, 조사대상자들의 경사 발판 사용 전·후 MF 변화를 비교한다.

둘째, 성별 발판 각도에 따른 MF 변화를 확인한다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

연구의 대상은 강원도 Y 리조트 골프장에서 근무하는 골프 진행보조요원 중 남자 4명, 여자 5명의 총 9명을 측정 대상으로 하였다. 연구대상 표집은 근무 특성상 필드에서 돌아오는 순서대로 무작위 추출하였다.

이들의 근무시간은 일일 평균 8.9시간 이상이었으며, 연령은 최소 20세부터 최대 29세의 범위에 있었다. 남자의 평균 연령은 24세, 여자는 24.6세였으며, 이들의 평균 신장은 남자 175.81cm, 여자는 161.7cm이었고, 평균 체중은 남자 62.5Kg, 여자가 52Kg이었다.

〈표 1〉 조사대상자들의 인체측정 자료

성별	ID	연령(세)	신장(cm)	체중(Kg)	일근무량(시간)
남자	1	24	173	68	11
	2	26	179	60	11
	3	26	175	62	12
	4	20	176	60	8
평균	24	175.8	62.5	10.5	
여자	1	21	163.5	52	11
	2	28	170	56	2
	3	24	155	47	4
	4	21	160	50	7
	5	29	160	55	12
평균	24.6	161.7	52	7.2	

2. 연구방법

1) 도구

- ① ME3000P (MEGA)
- ② Tele 716 ECG Electrodes (Protech Corp.)
- ③ Notebook Computer (Pentium-133Hz)
- ④ 인체용 알코올 스포지
- ⑤ 스톱 워치

⑥ 경사 발판 3종류(20,도 25도, 30도)

2) 측정 방법

① 측정 근육의 선택

작업 후 돌아온 대상자의 무릎아래 하지 근 피로를 측정하기 위해 근전도 변화가 가장 큰 근육((신현석, 1998)을 선택하여 전극을 붙였다. 양극 표면 전극을 장딴지 근(비복 근: Gastrocnemius)과 가자미 근(Soleus)을 선정한 후 장딴지 근을 측정 근으로 하고 가자미 근을 기준 근으로 하는 양극표면 전극을 부착하였다(김봉옥 등, 1999; 김해진과 임현교, 1999).

② 측정 절차

근무를 마치고 돌아온 직후 선정된 대상자 남자 4명, 여자 5명 전원을 대상으로 자가보고 설문조사와 근무 후 장딴지 근의 피로상태를 EMG에 의해 1분간 측정하였다. 측정하는 동안 대기 시간으로 인한 피로 회복에 대한 오차는 고려하지 않았다.

실험 절차는 근무 직후 1차 측정하였으며, 측정 후 3분 동안 의자에 앉아 휴식을 취하면서 준비된 설문에 응답하도록 했다. 2차 측정은 각 대상자에게 지정된 발판(20, 25, 30도)을 3분간 딛은 후 후 첫 1분간의 근전도 변화를 측정하였다. 1차 측정과 2차 측정 사이의 휴식은 이전의 측정 결과가 이후 측정에 주는 영향을 줄이고, 측정 부위의 부하를 줄임으로써 2차 측정에 주는 영향을 최소화하기 위함이다.

3. 자료의 분석

자료의 분석은 SPSS를 이용하여 빈도, 백분율과 MF 값의 평균, 표준편차를 산출하였으며, 집단 사이의 차이는 Wilcoxon 부호 순위 검정을 적용하였다.

III. 연구 결과

1. 조사대상자의 일반적 특성

조사대상자들의 근무 경력은 1년 미만이 56%, 2년 미만이 전체의 77.8%를 차지하였고, 7년 이상의 장기 경력자는 11%이었다.

입사 후 업무와 관련된 근육통이나 요통으로 인해 병원을 찾은 경험은 전체의 약 44%이었으며, 이것이 업무로 인해 생긴 직업병으로 인식하는 사람이 30.0%를 차지하였다.

대상자들의 하루 평균 수면시간은 응답자의 66.7%가 6시간 미만의 수면을 취하고 있었다.

직업 이외의 운동 습관은 78%가 운동을 하고 있었으며, 이들 중 86%가 걷기나 조깅을 하였고, 운동시간은 30분 이하가 71%이었다.

측정 당일 대상자의 신체적 상태는 모두 '보통' 이상의 좋은 정도를 유지하고 있었다.

신발의 편한 정도에 대한 질문에서 응답자의 78%가 '보통' 이상으로 편안하다고 하였으며, 22%는 불편감을 호소하였다.

근무 중 느끼는 피로의 원인은 67%가 걷거나 서있는 근무형태에 기인된 피로라고 응답하였으며, 대부분 무릎 아래 하지의 통증을 호소하였다(표 2).

2. 근전도 분석 결과

1) 남성

(1) 근무 후와 발판사용 후 MF 변화

<표 3>과 <그림 1>은 남자 4명의 근무 후와 경사 발판 사용후의 MF 측정값을 비교한 것이다. 발판 사

<표 2> 조사대상자의 일반적 특성

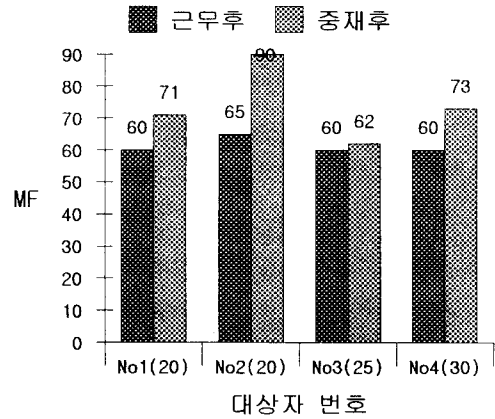
특성	No.	%
경력(년):	1)	5 55.6
	1-2)	3 22.2
	2-7)	1 11.1
	7≤	1 11.1
		4 44.4
요통치료경험:	있다	5 55.6
	없다	3 30.0
증상의업무관련성:	예	3 30.0
	아니오	3 30.0
	모름	6 40.0
수면시간:	6)	6 66.7
	6≤	3 33.3
운동습관:	예	7 77.7
	아니오	3 22.3
운동종목:	수영	1 14.3
	걷기/조깅	6 85.7
운동시간(하루):	30분)	5 71.4
	30분≤	2 28.6
		1 11.1
신체상태:	좋음	8 88.9
	보통	4 44.4
신발상태:	편함	3 33.3
	보통	2 22.2
	불편함	2 22.2
피로원인:	서서 걷기	6 66.7
	대인접촉	3 33.3
	합 계	9 100.0

용전 보다 사용 후 MF값은 21%(MF=12.7) 증가하였으나 두 군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다(P=0.068).

<표 3> 남성의 근무 후와 발판 사용 후 MF 비교

성별	번호	발판각도	MF			
			근무후		발판사용후	
			Mean	SD	Mean	SD
남자	1	20	60	4	71	10
	2	20	65	8	90	5
	3	25	60	0	62	3
	4	30	60	0	73	10
평균			61.3	3	74	7

P=0.068



<그림 1> 남성의 근무후와 중재후의 MF비교

(2) 발판 각도에 따른 MF 변화

남자의 근무 후와 발판 사용 후 발판의 경사 각도에 따른 MF 변화는 평균 18%(MF 평균=11.0) 증가하였으며, 증가율이 가장 높은 각도는 20도로서 28.8%의 MF 증가율을 나타냈다(표 4) <그림 3>.

<표 4> 남성의 발판각도에 따른 MF 변화

성별	발판각도	MF (Mean)		
		근무후	발판 사용후	증가율(%)
남자	20	62.5	80.5	28.8
	25	60.0	62.0	3.3
	30	60.0	73.0	21.7
평균		60.8	71.8	18.1

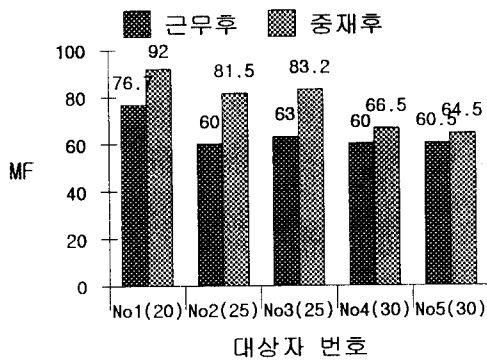
2) 여성

(1) 근무 후와 발판 사용 후 MF 변화

여자의 근무 직후와 발판 사용 후 MF값의 변화는 전체적으로 발판 사용 전 MF 평균 64.0에서 사용 후 평균 MF 77.5로 21%(MF=13.5) 증가하였으며, 발판 사용 전·후의 MF값 사이에는 유의한 차이가 있었다(P=0.043)<표 5> <그림 2>.

<표 5> 여성의 근무 후와 발판 사용 후 MF 비교

성별	번호	발판 각도	MF				P값
			근무후		발판사용후		
			Mean	SD	Mean	SD	
여자	1	20	76.7	10.5	92.0	11.5	0.043
	2	25	60.0	0	81.5	9.5	
	3	25	63.0	6	83.2	9.5	
	4	30	60.0	0	66.5	5.5	
	5	30	60.5	2	64.5	5.0	
평균			64.0	3.1	77.5	8.29	



<그림 2> 여성의 근무후와 중재후의 MF비교

(2) 발판 각도에 따른 MF 변화

여성의 경우에는 발판 각도 25도에서 33.9%의 MF 증가율을 나타내 가장 효과가 큰 것으로 나타났다 <표 6> <그림 3>.

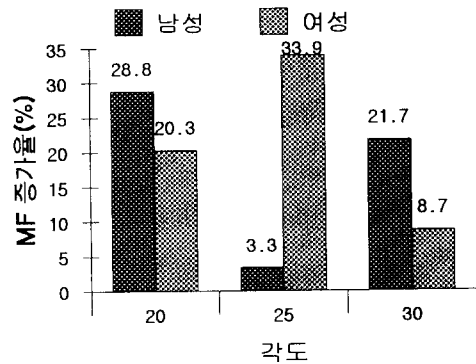
<표 6> 여성의 발판각도에 따른 MF 변화

성별	발판각도	MF (mean)		
		근무후	발판 사용후	증가율(%)
여자	20	76.5	92.0	20.3
	25	61.5	82.4	33.9
	30	60.3	65.5	8.7
평균		66.1	88.0	21.0

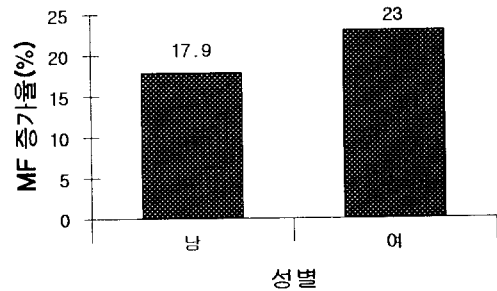
3) 성별 발판 각도에 따른 MF 증가율

남자와 여자의 발판 각도에 따른 MF 평균 증가율을 하나로 비교하면 <그림 3>과 같다. 25도에서 여자의 평균 증가율이 33.9%로 남자의 3.3% 보다 현저히 높았으며, 이것은 남자에서 가장 높은 증가를 나타낸 20도에서의 28.8% 보다도 높았다. MF 증가율이 높은 발판 각도는 여자 25도, 남자 20도로서 MF 증가폭도 남자 보다 여자에서 더 큰 경향이 있었다.

남, 여 두 군의 평균 MF 증가율은 남자가 18% 인데 비해 여자의 경우 21%로 여자의 피로 회복율이 높았으나, 두 군간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다.



<그림 3> 남성과 여성의 각도별 MF 증가율



<그림 4> 성별 MF 증가율

IV. 논 의

근전도 신호로부터의 근육피로 정보는 근육의 국부 피로 발생여부를 알아보기 위해 사용된다(신현석, 1998; 서승록 등, 1999).

EMG 측정 후에 나타나는 결과는 MF, MPF, ZCR(Zero Crossing Rate), AEMG (Average EMG) 등으로 표현되며, 이들 중 근육의 피로여부를 알아보기 위한 방법으로 ZCR에 의한 방법은 근전도가 X축을 통과했는지를 측정함으로써 피로를 측정한다. 또 다른 방법으로는 근전도의 주파수 분석을 통해 알 수 있는 FFT(Fast Fourier Transform) 알고리즘을 이용하여 MPF, MF 등을 통해서도 알 수 있다(서승록 등, 1999).

근육이 피로하게 되면 이들 MF, MPF, ZCR 등의 값들이 낮은 쪽으로 이동하게 된다(정명철과 김정룡, 1997).

근육의 피로는 장시간의 반복자극에 의하여 근육의 수축력이 약해지는 현상이며(박홍식과 이강목, 1991; 임현술, 1999), 근육피로 정도에 따라 근전도가 변화하게 되는데 이는 불충분한 산소 공급(ischemia) 또는 신진대사에 필요한 어느 한 물질의 고갈 등의 이유로 근육조직이 수축 요소에 원활한 신진대사를 공급하지 못할 때 근육이 피로하게 된다(이영신 등, 1997).

본 연구 결과에서 남자는 세 가지 각도 모두에서 발판 사용 후 MF 값이 사용전 보다 증가하여 피로회복 효과가 있었으나 전, 후의 통계적 유의성은 없었으며, 20도 발판에서 MF 증가율이 가장 높아 피로 회복율이 좋았다.

여자도 세 가지 각도 모두에서 발판 사용 후 MF 값이 증가하여 발판 사용의 피로회복 효과를 얻을 수 있었으며, 발판 사용 전, 후 MF값 사이에는 통계적으로 의미 있는 차이가 있었고, 25도 발판에서 MF 증가율이 가장 높았다.

여자 1번 대상자의 경우 근속기간이 1년 미만으로 짧았으며, 측정 전날 14시간 근무와 측정 당일 11시간 근무로 근무시간이 길었음에도 근무 후와 발판 사용 후 MF값이 76.7에서 92로 증가하여 다른 여자 대상자들 보다 월등히 높았고 실험 후 MF 증가율은 20%이었다.

여자 2번 대상자의 경우 근속기간이 7년 이상이었으며, 측정 전날 근무시간은 12시간, 측정 당일 근무시간은 2시간으로 짧았다. 근무 후 MF 값은 60이었으나 25도 경사 발판 사용 후 81.5로 증가하여 35.8%의 가장 높은 증가율을 나타냈다.

여자 3번의 경우 근속기간이 7년, 측정 전날 근무시간은 12시간, 측정 당일은 4시간이었다. 여자 2번과

동일한 25도 경사 발판을 사용하여 근무 후 MF값이 63, 실험 후에는 83.2로 32.1% 증가하였다.

여자 4번, 5번의 경우는 근속기간 4년, 측정 당일 근무시간이 7시간, 12시간이었으며, 30도 경사 발판 사용 후 MF 증가율은 10%, 6.6% 정도에 머물렀다.

위의 결과에서 발판의 경사 각도와 측정 당일의 근무시간 및 근속기간 등이 근육피로와 피로 회복율에 영향을 미칠 수 있는 가능성을 엿볼 수 있겠으나 대상자수의 제한점으로 무리한 해석은 신중을 기해야 할 것으로 생각된다. 그러나 2번 3번 대상자의 결과에서 근속기간이 길면 근무환경에 쉽게 적응하게 되어 빨리 피로해질 수 있고, 또한 쉽게 피로가 풀릴 수 있거나, 발판 각도의 영향과 측정 당일의 근무시간이 짧았던 사실에 기인할 수도 있는 복합적인 영향 요인을 고려할 수 있을 것이다.

여자의 경우 피로회복에 효과적인 발판은 25도 발판이었으며, 30도 발판에서 효과가 떨어지는 것으로 나타났다. 그러나 남자의 경우에는 25도 발판의 효과가 적고 20도 발판이 효과적이었다.

피로의 시간당 회복율의 차이에 있어서는 남자와 여자의 의미 있는 차이는 발견하지 못했으나 여자의 피로 회복율이 남자에서 보다 높은 편이었다.

본 연구에서 1차 근전도 측정과 2차 측정 사이에 3분간의 의자에 앉아 휴식하도록 하였는데, Dolan 등(1995)은 근전도를 사용한 반복적인 근육 피로도 측정 시 이전 측정으로 인한 영향을 줄이기 위해 5분간의 휴식시간을 적용하였고, 5분간 휴식 후 근전도 Power spectrum 신호가 정상수준으로 회복됨을 증명한 바 있다(Ng JK & Richardson, 1996). 그러나 다른 한편, 근육의 온도 및 두께 등이 스펙트럼에 영향을 줄 수 있으며(박홍식과 이강목, 1991), 온도가 떨어지면 저주파대로의 천이가 일어나고 근육 두께가 감소하면 고주파대로 증가한다(Lindstrom, 1974)고 한 보고들을 감안할 때 환경요인이 통제된 상태에서 표본 수를 늘린 반복연구가 필요함을 제언하는 바이다.

V. 결 론

본 연구는 1999년 5월에 강원도 Y골프장에 근무하는 골프 진행보조요원 여성 근로자 5명과 남성 4명을 대상으로 ME 3000P를 사용하여 근전도 변화를 정량화 함으로써 근무 중 주로 걷거나 물체를 들거나 내리

고 밀고 당기는 근로자들에 있어서 경사 발판의 사용이 근무후 하지근육의 피로회복 효과가 있는지를 알아보기 위해 연구를 시도하였다.

연구 결과는 다음과 같다.

1. 남자, 여자 모두에서 근무 후 경사 발판 사용 전에 비해 사용 후에 MF값이 증가하여 피로회복 효과가 있었으며, 여자의 경우 통계적으로 유의한 차이가 있었다.
2. 남자는 20도 경사 발판에서 하지 근 피로회복 효과가 컸으나, 여자는 25도 발판이 효과적이었다.

본 연구결과를 일반화하기에는 제한점이 따르며, 향후 발판 각도별 대상자 수를 늘려서 실험조건을 엄격히 통제된 조건에서의 후속연구가 필요하다고 생각한다.

참 고 문 헌

- 김봉옥, 채진목, 조강희, 김용진 (1999). 여성의 구두 굽높이에 따른 보행 변화의 비교, 추계인간공학술대회 논문집.
- 김해진, 임현교 (1999). 입식작업 및 좌식 작업의 근 부담과 작업 수행도의 비교, 추계인간공학술대회 논문집.
- 권영국, 김순례, 지주옥 (1999). 일부 서비스업 종사 여성 근로자의 근육피로에 대한 EMG 분석, 한국 산업간호학회지, 8(2).
- 박홍식, 이강목 (1991). 등척성 수축에 의한 피로와 근육의 전기적 신호 변화, 대한재활학회지, 15(2), 74-81.
- 이영신, 남윤의, 박세진 (1997). 자동차 시트의 피로도 평가를 위한 근전도 측정기의 사용, 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, 10-16.
- 서승록, 김종석, 김대호, 구본연, 안남규 (1999). 경사면에서의 들기 작업 시 근육 피로도 측정, 대한산업공학회/한국공업경영학회, 99 추계공동학술대회 논문집.
- 신현석 (1998). 피로조건하에서의 내측 장딴지근과 가자미근의 근전도 스펙트럼 분석, 한국전문물리치료학회지, 5(4), 9-19.
- 임현술 (1999). 우리 나라 근골격계 직업병의 현황과 관리, 한국산업보건학회 하계학술대회 논문집, 9-47.
- 정명철, 김정룡 (1997). 근육 피로도 분석시 사용되는 매개변수들 간의 민감도 비교 연구, 대한인간공학회 추계학술대회논문집, 406- 413.
- 정소라, 정민근 (1993). 주기적 등척성 수축에서의 국소근육피로 측정을 통한피로지수의 개발, 대한인간공학회 추계학술대회논문집, 79-86.
- Bigos, S. J., Spengler, D. M., Martin, N. A. (1986). Back injuries in industry: A resonance study III. Employee-related factor, Spine 11, 252-256.
- Dolan, P., Mannion, A. F., Adams, M. A. (1994). Passive tissues help the back muscle to generate extensor moments during lifting. J Biomech. 27, 1077-1085.
- Ng JK.-F., Richardson, C. A. (1996). Reliability of electromyographic power spectral analysis of back muscle endurance in healthy subjects. Arch Phys Med Rehabil. 77, 259-264.
- Muscle Tester ME3000P Manual, 1996.

- Abstract -

Key concept : EMG, Golf Caddies, Fatigue

EMG Measurement for Lower Leg of Golf Caddies

Kim, Soon-Lae · Kwon, Young Gook***

When standing, walking, or running for extended periods of time, fatigue occurs in the legs.

Although there are many ways, to release tense or fatigued leg muscles, in the case that there is insufficient time to relax, an easy way to release leg fatigue is using an inclined step (about 3 minutes). This method was more effective than performing stretching exercises as studied. An experiment was conducted on a golf course in the Kangwon province in Korea.

Subjects were chosen randomly and consisted of 5 females and 4 males golf caddies. Their main tasks consisted of pulling golf carts to the bottom of a hill for 8 to 10 hours and sometimes lifting and lowering golf clubs during the duration of one day. EMG was measured after work and after using the previously mentioned inclined Steps for the lower legs using ME3000P. This study investigated the types of inclined Steps which would be most effective and appropriate for golf caddies, whether sex difference had any influence existed between male and female workers. The results showed that a step with a 20° angle was most effective for males and a step with a 25° angle was most effective for females. Females showed faster recovery from fatigue than males. However, there were no statistical significance between males and females.

* The Catholic University of Korea, College of Nursing
** Correspondence and requests for materials should be addressed to Y.G.Kwon(e-mail : ieman@netsgo.com) : Kwandong University, Dept. of Industrial Systems Eng.