

▣ 연구논문

삽에 대한 인간공학적 평가 An Ergonomics Evaluation on the Shovels of Korean Standard

이근부*
Keun boo lee

Abstract

We Propose an improved shovel design to minimize physical discomfort and the risk of cumulative trauma disorder at shoveling tasks.

The specifications of shovels in Korean standard data were scrutinized to check if they met the anthropometric specification of Korean population in 1997.

We also applied "Body Map" pictograph and self-conscious checklist to field survey to analyze the discomfort of shoveling task.

Thirty male subjects whose age were ranging from 18 to 65 voluntarily participated in the experiment. The measurement results show that shoveling workers were exposed to hazards of CTD's.

Especially, when workers were involved in ditch digging and construction their trunk vend more than 120 degree.

In order to compare the new designed shovel and the traditional K.S shovel, an analysis of variance was performed and we obtained very strong evidence that the new designed shovel was better in reducing physical discomfort.

According to the results from electromyogram experiment the new shovel contributed to improving subjective comfort level and reducing low back muscle fatigue.

For futher study, the research may be extended to determine the relationship among shovel sharpness, type, digging motion and digging force.

1. 서 론

삽 종류에 관련된 한국산업규격은 KSB 7351(1987), KSB 7354(1988), KSB7359(1994)등으로 제조사의 모양과 치구, 성능 등에 관해 규정하고 있다. 이들 규격은 일본 산업규격(JIS)의 영향을 많이 받았고 비교적 오래전의 체형 치수를 기준 하였기에 체위변화에 적응치 못하고 있다. 이에 본 연구에서는 KS규격을 채택한 삽 2종류에 대해 제조 치수와 국민체위 치수, 그리고 삽 작업시의 동작을 대상으로 인간공학적 평가를 행하고 이를 근거로 개량된 삽의 설계와 함께 삽 작업의 조건을 향상시켜CTD (누적외상병 [6.7.11])를 예방시키는 것을 연구목적으로 하였다.

2. 연구방법

본 연구에서는 삽에 대한 한국 산업자료 (KS규격)와 국민체위 자료를 비교하여 적합성을 검토

*청주 대학교 이공대학 첨단공학부 교수

"이 논문은 2000학년도 교비 학술연구 조성비 특별과제에 의해 연구되었음"

하였으며 작업자세 부담에 대한 주관적평가 [5]를 통하여 일반적 피로현상[4]과 국소적 신체의 위화감을 평가하였다 한편 위의 연구결과들을 토대로 삽 작업시의 위험요소인[9,12] 굽힘, 비틀기, 들기 동작 중 굽힘동작의 전경각도를 줄이기 위한 개량 삽을 설계 제작한 후 근전도 분석을 통해 기존삽과 개량삽에 대한 근육 피로도 차이를 측정하였다

3. 실험

3.1 KS삽의 제원과 국민체위비교

3.1.1 삽의 제원

본 실험에 사용된 삽들은 KSB 7351(삽 및 스쿠프)에 규정된 삽의 주요 구조중 금속부와 자루의 치수들을 연구대상으로 이를 그림 3.1.1과 그림 3.1.2에 표시하였다.

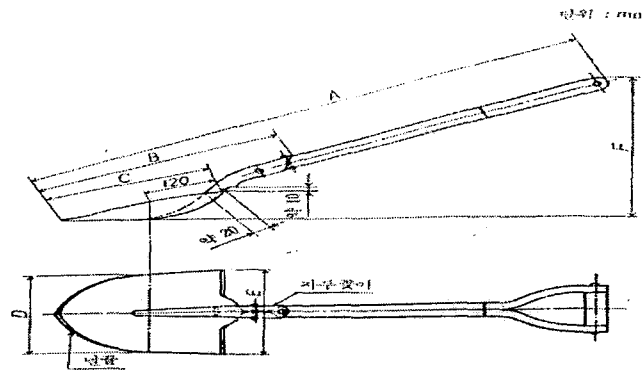


그림 3.1.1 삽- 원형

종 류	온길이 A	높이 F	금 속 부				자루꽃 이의 리벳	구조			
			두께	길이		날폭 D		어깨 폭 E	자루 꽃이	자루	
				B	C		지름				
삽 원 형	치수 허용 차 ± 10	970	350	1.6	425	292	224	232	4.5	끼워 맞춤	Y형, D형 또는 쇠손잡이 Y형
		±	425	±0.22	±5	±5	±5	±5	-		
		10									

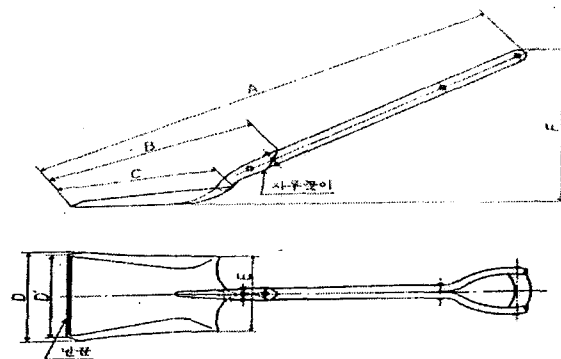


그림 3.1.2 삽 - 각형 및 콘크리트용

종 류	은길이 A	높이 F	금 속 부						자루꽃이의 리벳	구조		
			두께	길이		날끝폭		어깨폭 E		지름	자루꽃이	자루
				B	C	D	D'					
삼 각형	치 수	970	400	1.6	425	300	255	240	230	4.5	끼워 맞춤	Y형, D형 또는 쇠손 잡이 Y형
	허용차	±10	500	±0.22	±5	±5	±5	±5	±5			
삼 각 콘 크 리 트	치 수	910	-	1.6	360	220	180	165	170	4.5		
	허용차	±10	-	±0.22	±5	±5	±5	±5	±5			

3.1.2 국민체위자료

1997년에 보고된 국민체위 조사보고서[2]의 인체 계측치(표3.1.1)들 중 삼작업에 연관된 체형 치수로 키(stature), 어깨높이(Acromion height), 손끝높이(Dactylion height) 그리고 삼의 자루 지름(표 3.1.2)과 연관되는 그립(Grip I,II) 치수를 1986년도 조사보고서[3]에서 인용하였다.(표 3.1.3 과 표 3.1.4 참조)

표 3.1.1 성인층(25세 부터 50세)의 인체측정 통계량

(단위 :cm, % :percentile)

측정항목	성별	평균	편차	5%	50%	95%
1. 키	남	170.2	5.2	161.3	170.2	178.8
2. 어깨높이	남	137.9	5.0	129.4	138.1	145.9
3. 손끝높이	남	64.5	3.1	56.3	64.6	69.6

표 3.1.2 삼자루 종류별 치수 (KSB 7351-1987에서 인용)

(단위 : mm)

삼자루의 종류	치수 및 허용차		종류(명칭)
	자루의 지름	안폭	
Y형	+ 2 37 - 1	+5 92	삼 - 원형 삼 - 각형
D형		-2 +5 77	삼- 콘크리트용 스크프-2번 스크프-3번
쇠손잡이 Y형		-3	
			95±5

표 3.1.3 Grip I (성인층 남자)

(단위 : cm)

나이	평균	편차	5%	50%	95%
21-25	13.3	1.0	11.5	13.1	15.0
26-30	13.4	1.1	11.5	13.2	15.0
31-35	13.6	1.0	11.8	13.5	15.2
36-40	13.5	1.0	12.0	13.5	15.0
41-50	13.4	1.0	12.0	13.2	15.2

표 3.1.4 Grip II (성인층 남자)

(단위 : cm)

나이	평균	편차	5%	50%	95%
21-25	14.9	1.0	13.1	15.0	16.7
26-30	15.0	1.0	13.2	15.0	16.5
31-35	15.3	0.9	13.8	15.2	16.8/17.0
36-40	15.2	0.9	13.5	15.0	16.3
41-50	15.1	1.0	13.5	15.0	16.9

1986년도에 보고된 국민체위보고서 자료들 중 Grip I은 엄지와 검지, Grip II는 엄지와 중지, 약지를 서로 맞게 하였을 경우의 둘레(내경)을 의미하고 있다.

3.2 작업자세부담에 대한 주관적 평가

이 평가법[5]은 작업자 자신이 느끼는 주관적 증상을 A, B, C군으로 구별하여 작성하는 것으로 A군(요소 5-10)은 졸음과 나른함을 중심으로 하는 피로의 일반적 증상에 대한 호소 10개 항목, B군(요소 11-20)은 주의집중의 곤란함과 작업 의욕의 감퇴를 중심으로 하는 심적증상에 대한 호소 10개 항목, 그리고 C군(요소 21-30)은 국소적인 신체의 위화감을 몸의 특정부위에 표현하는 심신증적 호소의 10개항목등 30개 항목으로 구성되어 있다. 이 평가의 주된 목적은 작업의 전후에 따른 작업자 자신의 증상이 어떤 변화를 보이는가를 점검하는 데 있으므로 작업전후 2회에 걸쳐 실시하였다.

본 실험에서는 충북청주시에 소재한 00기업의 남자사원30명을 대상으로 시행하였으며 결과를 표3.2에 표시하였다

표3.2 피로감 자각증상 조사표

구분 요소	20대(1명)		30대(4명)		40대(10명)		50대(11명)		60대(3명)		50대미만		50대이상	
	작업전	작업후	작업전	작업후	작업전	작업후	작업전	작업후	작업전	작업후	작업전	작업후	작업전	작업후
1			1		4	2	1				5	3	2	1
2			1	1		2	1		1	1	1	3	2	2
3		1			1	1	1	1	1	1	2	2	2	2
4			1		1	1						1		
5		1	1		4	3	2	1			5	4	2	1
6									1	1		1	1	1
7			2	2	3	2	3	4	2	2	5	4	5	6
8							1					1		
9		1		3	1	3	3	2		1	1	7	3	3
10														
11			1		1		1				2		1	
12					1	1	1				1	1	1	
13					1							1		
14					1	1	1					1	1	
15					1	1	1					1	1	
16					1						1			
17						1						1		
18					1	1		1	2	2	1	1	2	3
19						1						1		
20					1	1					1	1		
21					2	3	6	7	3	4	4	8	8	9
22			1	2	2	3	6	5	6	3	3	4	6	9
23			2	2	2	4	7	10	2	3	4	6	9	13
24														
25					1	1		2			1	1		2
26														
27						1	2	1			1		2	1
28			1			1	1	1	1	1	1	1		
29					2	1	2	1	2	1	2	1	4	4
30						1						1		

3.3 Body Map Pictograph 평가

이 평가법[10]은 corlett 과 Bishop(1976) 그리고 Bucle(1984), Sauter(1991) Saldana(1994)등에 의해 연구보고 되었으며 누적외상병 (Cumulative Trauma Disorders)의 예방을 위해 연구된 것으로 작업수행 및 강도에 의해 발생하는 불편함과 빈도를 작업자 스스로 평가하는데 의미를두고있다. 원래 25개 신체부위별로 평가하도록 작성되어 있으나 본 실험에서는 눈(eye)를 제외한 24개 부위를 평가하였으며 발생빈도의 경우에도 피 실험자를 대상으로 조사하는 그 시

3.4.2 실험기구 및 측정부위

실험기구는 표면전극(surface electrode)을 사용하는 Lafayette사의 model 7607 TMG를 실험에 이용하였으며 측정조건은 filtering 된 상태에서 400HZ(sampling rate)를 채택하였다. 측정부위는 허리굽힘과 펌 동작시의 주동근(agonist)과 길항근(antagonist)의 작용을 하는 복부 직근(rectus abdominis)과 천추근(erector spinae)중, 본 실험에서는 천추근을 선정하였으며 측정시에는 근육의 긴장이 가장 눈에 띄이는 L3/L4 부위를 택하여 2회 측정하였다. (표3.4.2참조)

표3.4.2 삽 작업시의 근전도 최대 진폭(mV)

No	KS평삽	개량1	개량2	KS홀삽	개량1	개량2	No	KS평삽	개량1	개량2	KS홀삽	개량1	개량2
1	13 13	11 10	11 8	10 10	8 8	8 7	19	7 7	6 6	6 5	8 8	6 7	6 6
2	8 9	5 7	9 10	8 10	7 5	6 5	20	8 7	7 6	5 6	12 8	7 8	7 7
3	10 10	8 7	7 8	7 8	7 8	8 8	21	7 7	5 5	5 5	8 8	6 7	6 5
4	13 14	14 12	10 11	11 15	10 10	18 17	22	10 12	8 10	8 9	14 15	11 12	8 9
5	28 30	24 10	20 14	10 8	9 6	4 4	23	6 6	5 5	5 4	8 8	6 7	6 6
6	7 6	4 4	4 5	7 8	6 6	6 6	24	10 10	8 8	7 7	10 11	9 9	9 9
7	18 13	9 11	10 11	8 8	8 6	8 7	25	13 13	10 9	10 8	12 10	10 10	8 8
8	9 9	8 7	6 6	8 7	6 8	8 8	26	15 13	8 9	8 9	8 8	6 7	6 6
9	8 6	7 5	10 8	7 9	8 8	9 8	27	9 9	8 8	8 8	10 10	8 8	7 8
10	11 10	8 7	8 7	9 7	5 7	7 7	28	11 13	9 10	9 9	25 19	13 13	15 15
11	8 8	7 7	6 6	8 7	7 6	7 8	29	14 16	17 15	15 17	23 25	13 12	20 18
12	14 11	12 10	10 10	17 13	10 10	12 10	30	18 17	13 13	13 13	20 15	18 18	15 15
13	14 8	8 8	6 6	6 5	7 7	5 4	31	15 17	13 13	13 13	15 15	12 13	13 11
14	10 10	7 8	6 8	7 5	7 8	7 6	32	12 13	10 9	9 9	11 10	9 8	10 10
15	34 27	22 20	23 22	24 25	23 20	18 16	33	14 13	8 11	8 8	7 7	6 6	6 6
16	17 17	13 11	11 11	11 10	15 13	12 8	34	13 13	11 11	8 8	13 13	11 11	13 12
17	11 10	8 7	5 4	6 6	5 5	4 4	35	20 17	17 15	12 13	12 13	10 9	10 10
18	12 10	10 9	6 6	6 6	5 4	4 4							

3.5.1 실험결과

본 연구에서는 삽 작업에 연관되는 체형치수 (1997)로 95percentile 자료를 사용하였고 grip I, II는 1986년 자료를 사용하였다(표 3.1.1 표 3.1.4참조)

(1) 키 높이와 몸통 전경각도의 비교 결과

1997년에 보고된 국민체위자료중 키높이 95 percentile에 해당하는 178.8 cm(남)인 피 실험자가 KS 원형삽과 KS 각형 및 콘크리트용 삽을 사용시 몸통의 전경각도는 표 3.5.1과 같다

표3.5.1 국민체위 키(95percentile)의 전경각도°

삽의 종류	남
KS 각형 및 콘크리트용	140°
KS 원형	120°

위의 결과를 토대로 삽 작업시 굽힘 동작을 줄이기 위한 개량삽을 그림3.2.1과 3.2.2와 같이 설계 제작하여 실험한 결과 표3.5.2 와 같은 개선된 결과치들을 구할 수 있었다. 개량삽들은 삽 날과 자루의 각도가 50°가 유지 되도록 설계하였다.

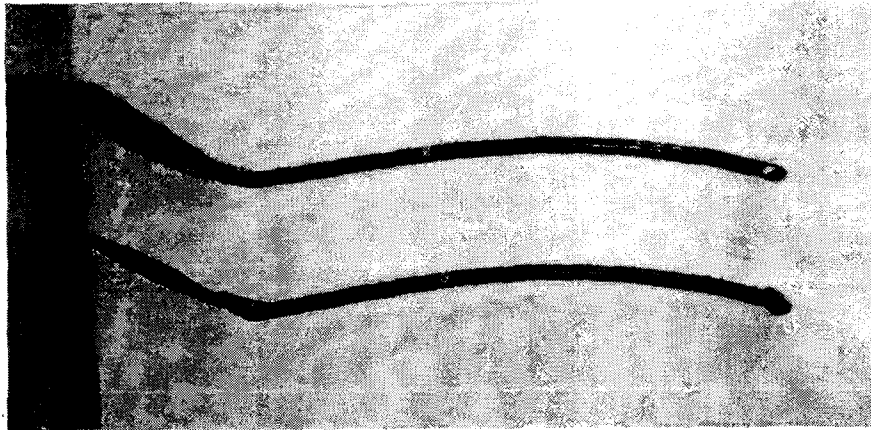


그림 3.2.1 개량 1호의 각형 및 콘크리트형(A)과 원형삽(B)

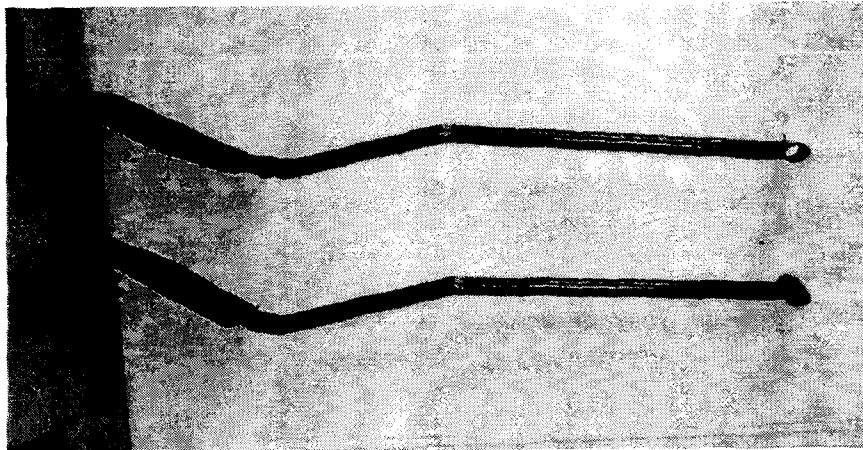


그림 3.2.2 개량2호의 각형 및 콘크리트형(A)과 원형삽(B)

표3.5.2 개량형삽의 몸통 전경각도 비교표

삽의종류		남
개량 1호	각형 및 콘크리트용	70°
	원형	80°
개량 2호	각형 및 콘크리트용	90°
	원형	80°

(2) 삽자루 둘레와 그립 (grip I,II)의 비교결과

KS 표준형 삽자루(KSB 7351)의 지름은 37mm이므로 이를 둘레로 환산하면 117+5.5 117-4mm이다. 한편, 국민체위조사보고서(1986)에 의한 Grip I과 Grip II의 95percentile에 해당하는 치수는 150 mm와 170 mm이므로 둘레 치수에 여유가 생긴다.

3.5.2 작업자세 부담에 대한 주관적 평가결과

작업자세 부담에 대한 작업전후의 피로감 자각증상조사 결과를 표 3.5.3에 나타내었다. 이 조사표는 피로의 일반적 현상을 (A)군, 초조하거나 정신 산란등에 관한 심적증상을(B)군, 작업 피로로 직결되는 국소적 위화감을 (C)군으로 구분하여 작성하도록 구성되어 있다.

표3.5.3 각군별 피로감 자각증상 요약

나이별 군별	50세 미만 작업자		50세이상 작업자		계
	작업전	작업후	작업전	작업후	
A	19	23	17	16	소계 : 75건
B	6	8	6	6	소계 :26건
C	16	26	30	42	소계 :114건

표 3.5.3은 앞의 3.2절 작업자세부담에 대한 주관적 평가 실시 결과인 피로감 자각 증상표(표 3.2참조)을 참고로 각군(A,B,C)별로 재 구성한 것이다.

3.5.3 신체피로부위조사

표3.3 Body map 작성결과치를 검토해 보면 어깨부위와 허리부위에 집중하여 불편함을 많이 호소하고 있음을 발견할 수 있다

3.5.4 근전도 분석결과

KS규격 삼과 개량삼에 대한 허리굽힘과 폼 동작시 길항근의 피로현상을 근전도 분석결과를 토대로 SAS(Statistic analysis system)를 이용한 분산분석(ANOVA)결과를 표3.5.4에 나타내었다

표3.5.4 KS규격삼과 개량삼들의 근전도 분석결과에의 분산분석 요약

source	DF	S.S	M.S	F	Pr>F
KS각형과개량12호	2	468.200000	234.10000	11.49	<.0001 *
KS원형과개량12호	2	179.46667	89.733333	5.04	<.0073 *

(* : p<0.01수준에서유의함)

한편 개량형삼(개량 1호 와 개량2호)들간의 영향을 분석 하기위해 분산분석을 시행해 본 결과를 표3.5.5에 나타내었다.

표3.5.5 개량형 삼들간의 영향분석을 위한 다중비교결과

No	t-groupin g	mean	N	Cl1	No	t-groupi ng	mean	N	Cl1
1	A	12.4286	70	1	2	A	10.800	70	1
	B	9.5857	70	2		B	8.9143	70	2
	B					B			
	B	9.0143	70	3		B	8.7714	70	3

(No.1; KS각형삼과 개량1,2호 , No.2; KS원형삼과 개량1,2호)

다중비교 결과 각형 삼 그룹에서 개량 1,2호는 같은 그룹으로, KS삼은 다른 그룹으로 나타나고 있으며 원형삼의 그룹에서도 동일한 결과를 보인다.

4. 토의 및 결론

허리굽힘과 폼 동작시 근육 동원부담을 줄이기 위한 개량삼을 제작실험결과 (표4.1참조) 개량형 삼들이 40° 혹은 50°정도 덜 굽힘을 파악 할 수 있다

표4.1 KS규격삽과 개량형삽의 몸통 전경각도 비교표

KS표준형(A)		개량형(B)		전경각도차이 (A-B)°
각형 및 콘크리트형삽	140	개량1호	70°	70°
		개량2호	90°	50°
원형삽	120	개량1호	80°	40°
		개량2호	80°	60°

한편 삽자루의 들레와 국민체위조사(1986)에 표기된 그림치수를 비교 하기 위해 Ayoub 와 Lopresti(1971), Greemberg와 Chaffin(1977), Johnson(1988)등 [1]의 연구결과들을 검토해보면 40 mm 혹은 50 mm의 그림치수를 추천하고 있으므로 우리나라의 KS표준형 삽직경도 필요 부위 만큼은 10mm정도 늘리는 것도 고려해 볼만하다.

작업자세 부담에 대한 작업 전후의 작업과 자신들이 평가한 피로감 자각증상 자료를 평균호소율[5]로 재구성해 보면 표4.2와같다

표4.2 각 군별 피로감 자각증상의 평균 호소율

작업전후 군별	작업전	작업후
A (일반적피로현상)	8.4	12.6
B (심적증상)	3.9	4.5
C (국소적위화감)	14.8	21.3

위 표에 의거 한 바와 같이 작업자 전원이 작업후 심한 피로를 호소하고 있음을 알수있다. 근전도 분석결과에 의한 통계분석 결과(표 3.5.4)와 KS규격 삽들과 개량형 삽들간의 근육 피로 경감효과는 ANOVA를 통해 검증되어 개량형 삽의 효과를 인정 할 수 있었고 개량형 삽들간의 효과를 분석하기 위해 분산분석을 행한 결과 거의 유사 (표 3.5.5 참조)한 것으로 판명 되었다. 본 연구를 통해 KS규격의 각 형 삽은 몸통 전경각도 국민체위(95percentile) 140°와 원형 삽은 이보다 20°도 적은 각도가 요구되어 허리 몸통 부위에 심한 피로 현상을 야기 시킴을 발견할 수 있었고 이를 근거로 삽의 자루를 변화시킨 개량 삽을 설계 제작하여 40° 혹은 50° 정도 전경각도를 완화 시킬 수 있었다.

추후 연구과제로는 삽날의 형태와 날카로움의 정도가 삽 작업시의 원부자재 종류별 삽입 공정에 요구되는 힘과의 관계를 파악하여 새로운 개념의 삽날을 설계하는 것이다.

참 고 문 헌

[1] 권영국, 산업인간공학, 형설출판사, p325, 1996.
 [2] 국립기술표준원 “산업제품의표준치설정을위한국민표준체위조사보고서”, 한국표준과학연구원, p93, 1997.
 [3] 공업진흥청 “국민표준체위조사보고서” 한국표준연구소, pp436~439, 1986.
 [4] 박상근외 1인, 인간공학, 청문각, p53, 1999.
 [5] 박상근외 1인, 전계서, pp73~75.
 [6] 신종현, 박민용, 김정룡, “작업안전성향상을위한신개념VDT작업용의자의 인간공학적설계”, 대한산업공학회지, Vol.25, No.4, pp459~465, 1999.
 [7] 정병용, “우리나라산업재해의발생원인 및특성에관한연구”, 대한산업공학회지, Vol.10, No.2, pp99~107, 1997.
 [8] 현수돈, 김정룡, “L4/L5디스크환자진단을위한동적근전도신호의정량적기법개발”

- 대한산업공학회지, Vol.24, No.2, pp297~309, 1998.
- [9] Eastman Kodak Co."Ergonomic Design for People at Work",Van Nostrand Reinhold, Vol.2, pp424~425, 1986.
- [10] Robert J.Marley Nirmal Kumar,"An improved musculoskeletal discomfort assessment tool", Industrial Ergonomics, Vol.17, No.1, pp21~27, 1996.
- [11] Rober, w., Anthony T., "Knowing your Limits Prevents Manual Labor Injuries" <http://www.cdc.gov/niosh/nasd/docs/as14100.html>.
- [12] USBM Ergo idea "Task:Shoveling Coal", <Http://www.cdc.gov/niosh/pit/eidea2.html>.