

## Title

# Improvement of Ammunition Box by Ergonomic Evaluation

## ABSTRACT

**Objective:** The purpose of this paper is to evaluate old and newly designed ammunition boxes from an ergonomic point of view.

**Background:** 현재 군대에서 사용하고 있는 나무로 제작된 탄약상자는 탄체 부식, 파손, 환경오염, 제고관리 등의 어려움을 가지고 있다. 또한 군인들이 인력으로 탄약상자를 운반하여 상해가 빈번하게 발생한다.

**Method:** Sixteen participants volunteered to randomly perform lifting, carrying, and side-by-side moving tasks with 4 different old and new boxes for the ammunitions of 5.56mm, 60mm, 81mm, and 105mm in diameter. The old boxes are made of wood currently used in military, while the new boxes are made of plastics. The joint moments of elbow, shoulder, back, and knee were measured by using a motion analysis system and a force platform. In addition, an electromyographic system was used to measure the forces of hand and wrist muscles.

**Results:** In most tasks, new boxes caused less joint moments at the elbow and shoulder than old boxes because new boxes were lighter and smaller than old boxes. New boxes also derived less hand and wrist muscle forces due to the provision of fixed hard handles rather than string handles.

**Conclusion:** The ergonomically designed new boxes could reduce the physical stresses of soldiers manually handling ammunitions and be helpful for storage and reuse.

**Application:** 본 연구는 제품 개발 및 평가에 대한 인간공학의 적용 예를 보여준다.

## Keywords

Ergonomic design, Manual material handling, Joint moment, Electromyography

## 1. Introduction

현재 군대에서 사용하고 있는 탄약포장체계는 지환통의 개별포장, 나무상자의 단위포장, 팔레트로 구분할 수 있다. 개별포장은 내부에 습기 유입으로 탄체 부식, 사용 후 특정 폐기물 처리 필요, 재포장 시 포장 성능 저하, 포장 해체 시 과도한 소요시간 등의 문제점이 있다. 단위포장과 팔레트는 외부 습기에 노출되어 나무가 썩고 파손되어 퇴적 붕괴 위험이 따르고, 목재 방부 약품처리로 인한 환경오염, 목재 재고 부족 발생, 재포장

시 체결 방법의 어려움, 손잡이 부재 및 운반의 어려움, 과대 포장 중량으로 탄약 적재 시 운반 인원이 다수 필요하다는 문제점이 따른다. 따라서 해외 운용 동향을 살펴보면, 탄종별 운용방법에 따라 포장체계를 달리하여 적용하며, 개별 이동의 경우에는 세트형 단위포장상자를 적용하는 추세이며, 단위 이동의 경우에는 랙 형태의 포장을 적용하는 추세이다(Department of Defense, 2012).

탄약 운반 작업은 일반 산업체와는 다르게 군인들이 인력운반을 실시하고 있으며, 입대 전에 이러한 작업을 전문적으로 한 경험이 없는 경우가 많다. 따라서 탄약 운반으로 인한 상해가 빈번하게 발생할 수 있으며, 탄약 운반부대에 소속해 있는 군인들이 고통을 호소하는 경우가 많다. Kim (2001)은 탄약병을 대상으로 주로 허리(35%), 무릎(26%), 손가락(9.5%)에서 상해가 발생함을 조사하였다. 중량물인 탄약의 경우에는 탄약 자체의 형태보다는 탄약을 포장하고 있는 상자의 형태와 무게에 더 큰 영향을 받는다.

따라서 본 연구에서는 위에서 언급한 문제점으로 인해 발생하는 불필요한 작업을 줄일 수 있도록 인간공학적 접근을 통해 탄약 운반 작업 시 군인들의 신체적 부하를 감소시키기 위한 탄약포장상자를 개발하였다. 이렇게 개발된 탄약포장상자와 현재 사용하고 있는 탄약포장상자를 신체적 부하측면에서 비교 평가하여 탄약포장상자의 인력운반작업 시 사용성 향상에 대한 정량적 근거를 마련하고자 한다.

## 2. Method

### 2.1 Participants

전신에 근골격계 질환이나 질병 경험이 없는 20 대 군필자 남성 16 명이 실험에 참가하였다. 피실험자의 평균(표준편차) 나이와 신장, 체중은 각각 26.5 세(2.8), 1747mm(43.5), 66.2kg(8.9)이었다.

### 2.2 Apparatus

본 실험에서는 소구경 5.56mm, 박격포탄 60mm 와 81mm, 전차탄 105mm 의 나무로 제작된 현재의 탄약포장상자(Old 모델)와 플라스틱으로 개선된 탄약포장상자(New 모델)를 사용하였으며, 보안 관계상 두 모델의 구체적인 사양을 제시하지 않았다.

탄약포장상자 취급 시 어깨, 팔꿈치, 허리, 무릎에 걸리는 관절 모멘트를 측정하기 위해 3 차원 동작분석기(VICON: MX-3: 6 대, MX-F40: 4 대)와 지면 반력기(AMTI Force plate: 2 대)를 사용하였다. 또한 손과 손목 근육이 발휘하는 힘을 측정하기 위해 무선 표면근전도(Telemyo 2400T DTS Noraxon)를 사용하였으며, 3 차원 동작분석기, 지면 반력기, 무선 표면근전도를 트리거로 동기화하여 각 작업에 대한 신호의 시점과 종점을 일치시켰다. 탄약포장상자 취급 작업을 위해 워크웨이(Walk way)와 높이 조절이 가능한 작업대를 사용하였다.

### 2.3 Procedure

피실험자에게 실험 동작, 실험 절차, 측정방법에 대해 충분히 설명 한 후 실험을 실시하였다. 3 차원 동작분석기의 마커를 Plug-in-Gait Marker Set 에 준수하여 총 37 개 마커를 전신에 부착하였다.

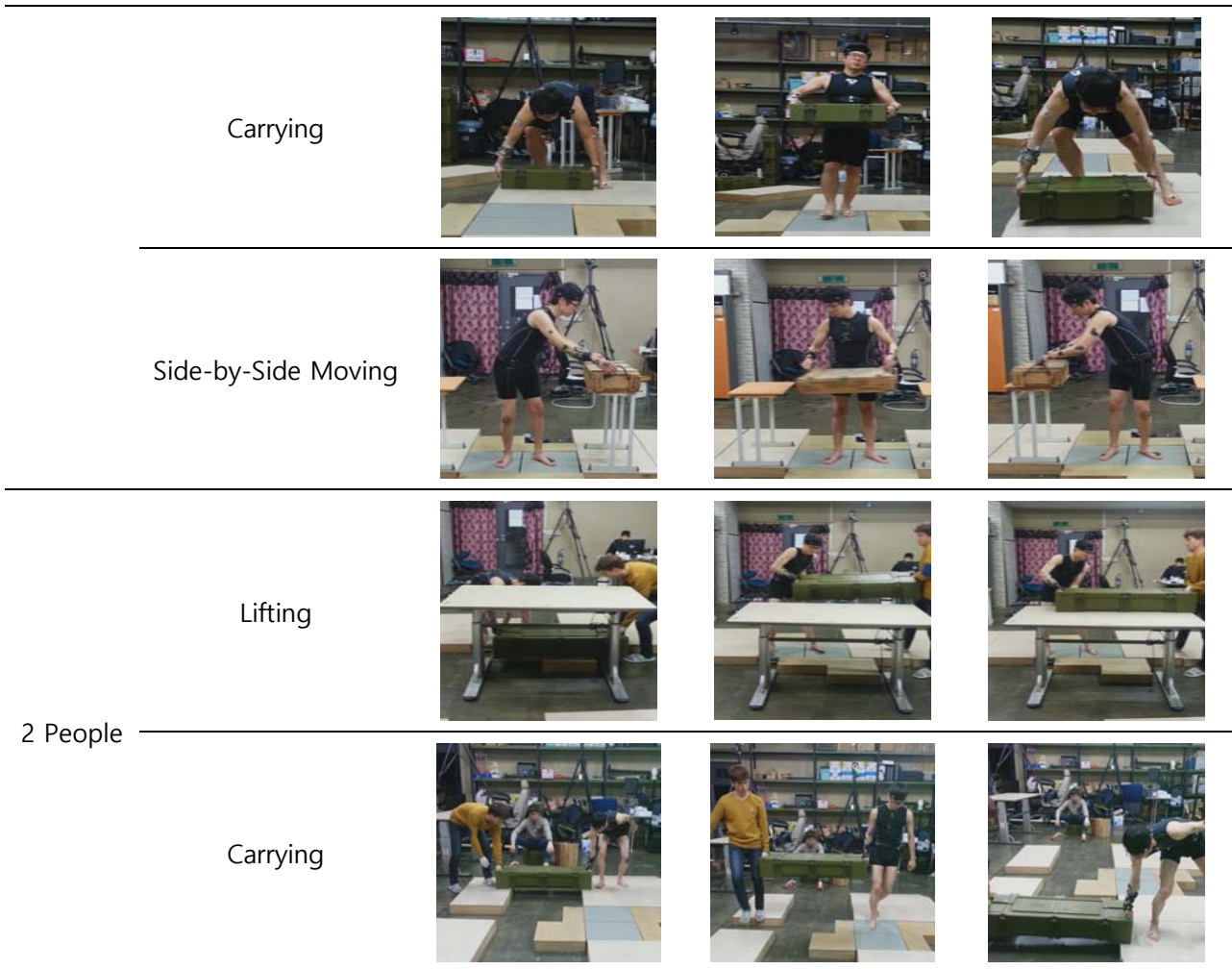
근력 측정을 위해 선정한 근육은 요측수근굴근(Flexor Carpi Radialis; FCR), 척측수근굴근(Flexor Carpi Ulnaris; FCU), 천지굴근(Flexor Digitrum Superficialis; FDS), 요측수근신근(Extensor Carpi Radialis; ECR), 척측수근신근(Extensor Carpi Ulnaris; ECU), 지신근(Extensor Digitorum; ED)이며, 근전도 전극을 부착하기 전에 오른팔의 해당 부위를 알코올로 세척하였다. 이어서 각 근육의 최대 발휘 힘인 MVC(Maximum Voluntary Contraction)를 3 회 측정하였다. 1 회 측정 후 휴식시간을 3 분 부여하였다(Hermens et al, 1999).

탄약포장상자 취급 작업은 현재 군에서 빈번하게 발생하는 들기 작업, 운반 작업, 옆으로 옮기는 작업으로 구성하였다. 소구경 5.56mm, 박격포탄 60mm 와 81mm 탄약포장상자는 3 가지 작업을 피실험자 혼자 수행(1 인 작업)하였으며, 전차탄 105mm 탄약포장상자는 크기가 커서 실험자와 피실험자가 같이(2 인 작업) 들기 작업과 운반 작업만 수행하였다. 1 인의 들기 작업은 지면에 놓인 탄약포장상자를 들어 주먹높이(76cm)의 작업대 위에 놓는 작업이다. 운반 작업은 탄약포장상자를 들고 워크웨이(Walkway)를 걸어가는 작업이며, 옆으로 옮기는 작업은 왼쪽 작업대 위에 놓인 탄약포장상자를 오른쪽 작업대 위로 옮겨 놓는 작업이다.

2 인의 들기 작업은 실험자와 피실험자가 전차탄 105mm 탄약포장상자를 같이 들어 작업대 위에 올려놓았으며, 운반 작업은 실험자와 피실험자가 탄약포장상자를 같이 들고 피실험자는 워크웨이를 걷고, 실험자는 옆에서 따라가면 걸었다. 각 취급 작업은 탄약포장상자별로 1 회 실시하였으며, 각 작업 후 5 분간 휴식을 취하였다(Table 1).

**Table 1.** Manual handling of ammunition boxes

Task		Procedure		
1 Person	Lifting			



## 2.4 Experimental design

각 근육의 근력 데이터를 추출하기 위한 근전도 신호 분석은 Linear envelop(LE)를 사용하여 최대 근력인 MVC 를 기준으로 몇 퍼센트의 근력을 발휘하였는지를 나타내는 %MVC 를 계산하였다.

동작분석기와 지면 반력기를 이용한 각 관절별 3 차원 모멘트 값을 위해 X 축은 전두면(Frontal plane)의 움직임, Y 축은 시상면(Sagittal plane)의 움직임, Z 축은 횡단면(Transverse plane)의 움직임으로 정의하였다(Wu et al, 2005).

통계분석을 위한 종속변수는 어깨, 팔꿈치, 허리, 무릎 관절의 X, Y, Z 축 모멘트와 요측수근굴근(FCR), 척측수근굴근(FCU), 천지굴근(FDS), 요측수근신근(ECR), 척측수근신근(ECU), 지신근(ED)이 발휘한 %MVC 이다. 독립변수로 Task 와 단위포장상자별로 현재 사용하고 나무 탄약포장상자(Old 모델)와 플라스틱 탄약포장상자(New 모델)을 비교하기 위한 t-test 를 사용하였다.

소구경 5.56mm, 박격포탄 60mm 와 81mm, 전차탄 105mm 의 탄약포장상자와 들기 작업, 운반 작업, 옆으로 옮기는 작업에 대하여 각각 Old 모델과 New 모델간에 차이가 있는 지 검증하기 위해 SAS 9.1(SAS Institute Inc.)을 사용하여 유의수준 0.05 로 T-test 를 수행하였다.

### 3. Results

#### 3.1 소구경 5.56mm 탄약포장상자

어깨, 팔꿈치, 허리, 무릎의 관절 모멘트에 대한 T-test 분석 결과, 어깨와 팔꿈치에서 들기 작업, 운반 작업, 옆으로 옮기는 작업 모두 소구경 5.56mm 탄약포장상자의 Old 모델과 New 모델에서 유의한 차이를 나타냈다(Table 2). 새롭게 개선된 New 모델이 현재 사용하고 있는 Old 모델보다 이러한 관절에서 4.14Nm ~ 35.65Nm만큼 모멘트가 적게 발생하여 신체적 부하가 감소함을 알 수 있었다. 손과 손목 근육이 발휘하는 근력에 대한 T-test 분석 결과, 주로 손목을 손등 방향으로 젖히는(Extensor) 근육들에서 Old 모델과 New 모델의 유의한 차이를 나타냈다(Table 3). New 모델이 Old 모델보다 11.06% ~ 36.59% 적게 근력을 사용하였다.

**Table 2.** T-test results of joint moments

Task	Joint(Axis)	Box	Mean(Nm)	p-value
Lifting	Shoulder(X)	Old	47.59	<.0001
		New	12.94	
	Shoulder(Z)	Old	16.00	0.0025
		New	11.86	
	Elbow(X)	Old	21.27	<.0001
		New	13.71	
Carrying	Shoulder(X)	Old	41.03	<.0001
		New	23.85	
	Shoulder(Y)	Old	55.37	0.0001
		New	37.71	
	Shoulder(Z)	Old	20.15	<.0001
		New	13.98	
Elbow(X)	Old	27.77	<.0001	

Side-by-Side Moving	Shoulder(X)	New	16.57	<.0001	
		Old	46.35		
	Shoulder(Y)	New	35.28	<.0001	
		Old	64.29		
	Shoulder(Z)	New	43.34	<.0001	
		Old	22.85		
	Elbow(X)	New	13.59	<.0001	
		Old	13.16		
			New	26.33	

**Table 3.** T-test results of %MVC

Task	Muscle	Box	Mean(%)	p-value
Lifting	ECU	Old	77.22	0.0009
		New	40.63	
Carrying	ECR	Old	57.04	0.0102
		New	34.32	
	ECU	Old	64.59	0.0015
		New	31.24	
Side-by-Side Moving	FCU	Old	47.97	0.0418
		New	36.91	
Side-by-Side Moving	ECR	Old	63.63	0.0300
		New	45.00	
	ECU	Old	74.67	0.0125
		New	44.28	

FCR	Old	38.72	0.0322
	New	27.34	

### 3.2 박격포탄 60mm 탄약포장상자

박격포탄 60mm 탄약포장상자는 어깨 관절의 모멘트에서 Old 모델과 New 모델의 차이를 보였다(Table 4). 들기 작업에서 New 모델이 Old 모델보다 11.42Nm 더 적은 모멘트를 나타냈으나, 운반 작업에서는 New 모델이 오히려 3.2Nm ~ 9.54Nm 더 큰 모멘트를 나타냈다. 근력에 대한 T-test 분석 결과, 손과 손가락을 굽히는 근육에서 유의한 차이를 보였다(Table 5). 들기 작업 시 New 모델은 Old 모델보다 척추수근굴근(FCR)에서 12.71% 적은 근력을 사용하였다. 운반 작업은 천지굴근(FDS)이 36.87% 적은 근력을 사용하였다.

**Table 4.** T-test results of joint moments

Task	Joint(Axis)	Box	Mean(Nm)	p-value
Lifting	Shoulder(Y)	Old	55.25	0.0008
		New	43.83	
Carrying	Shoulder(Y)	Old	36.30	0.0134
		New	45.84	
	Shoulder(Z)	Old	14.18	0.0113
		New	17.38	

**Table 5.** T-test results of %MVC

Task	Muscle	Box	Mean(%)	p-value
Lifting	FCR	Old	34.98	0.0100
		New	22.27	
Carrying	FDS	Old	83.64	0.0001
		New	46.77	

### 3.3 박격포탄 81mm 탄약포장상자

박격포탄 81mm 탄약포장상자는 들기 작업 시에만 어깨와 팔꿈치에서 두 상자간에 유의한 차이를 보였다. New 모델 들기 작업 시 Old 모델보다 어깨는 7.99Nm, 팔꿈치는 3.66Nm 적게 모멘트가 발생하였다(Table 6).

근력은 박격포탄 60mm 탄약포장상자의 결과와 유사하게 굽힘(Flexor) 근육들에서 유의한 차이를 나타냈다 (Table 7).

**Table 6.** T-test results of joint moments

Task	Joint(Axis)	Box	Mean(Nm)	p-value
Lifting	Shoulder(Y)	Old	64.73	0.0177
		New	56.74	
	Elbow(X)	Old	17.91	0.0253
		New	14.25	

**Table 7.** T-test results of %MVC

Task	Muscle	Box	Mean(%)	p-value
Lifting	FCR	Old	29.23	0.0028
		New	16.18	
	FCU	Old	35.09	0.0425
		New	24.71	
	FDS	Old	73.09	0.0026
		New	46.85	
Carrying	FCR	Old	28.76	0.0054
		New	18.60	
	FDS	Old	69.75	0.0159
		New	47.41	
Side-by-Side Moving	FCU	Old	36.89	0.0039
		New	27.12	

### 3.4 전차탄 105mm 탄약포장상자



다른 탄약포장상자와 달리 2 인이 작업하는 전차탄 105mm 탄약포장상자는 들기 작업 시 팔꿈치와 허리에서 두 상자간의 유의한 차이를 보였다(Table 8). Old 모델보다 New 모델이 팔꿈치는 3.6Nm, 허리는 260.2Nm 적게 모멘트가 발생하였다. 근력은 운반 작업 시 손가락을 굽히는 근육인 천지굴근(FDS)에서 두 상자간의 유의한 차이를 보였다(Table 9). Old 모델보다 New 모델이 24.82% 적게 근력을 사용하였다.

**Table 8.** T-test results of joint moments

Task	Joint(Axis)	Box	Mean(Nm)	p-value
Lifting	Elbow(X)	Old	19.93	0.0347
		New	16.33	
	Back(Y)	Old	377.20	0.0022
		New	117.00	

**Table 9.** T-test results of %MVC

Task	Muscle	Box	Mean(%)	p-value
Carrying	FDS	Old	55.27	0.0487
		New	30.45	

#### 4. Conclusion

본 연구는 인간공학적 요소를 고려하여 재설계된 탄약포장상자의 신체적 부하를 평가하기 위한 목적으로 진행되었다. 또한 운영 방법에 따라 재설계된 탄약포장상자가 현재 군에서 사용하고 있는 탄약포장상자에 비해 신체적 부하 측면에서 어느 정도 개선되었는지 객관적으로 비교하기 위하여 진행되었다. 신체적 부하를 객관적으로 평가하기 위하여 동작 분석기와 지면 반력기로 어깨, 팔꿈치, 허리, 무릎 관절에 대한 모멘트를 측정하였다. 또한 탄약포장상자를 다룰 때 발생하는 아래팔 근육의 근활성도(%MVC)를 평가하기 위하여 표면 근전도장비를 사용하였다.

소구경 5.56mm 탄약포장상자의 경우, 재설계된 상자를 사용하여 들기, 운반, 옆으로 옮기는 작업 시 어깨와 팔꿈치 관절에 작용하는 부하가 급격히 감소하였다. 이는 재설계된 상자의 경우 현재 사용하고 있는 상자에 비해 길이, 폭, 높이 등의 전반적인 크기가 감소하여 어깨와 팔꿈치의 굽힘과 벌어짐이 작아졌기 때문에 관절에 작용하는 모멘트를 줄일 수 있었다(Sanders and McCormick, 1993). 손과 손목이 발휘하는 근력의 경우는 현재 사용하고 있는 상자는 손잡이가 없어 작업 시 손목이 손등 방향으로 젖히는 자세가 발생하는 반면, 개선

된 상자는 고정형 손잡이를 제공함으로써 손목을 중립자세로 유도할 수 있고 또한 개선된 상자의 무게가 2kg 이 적기 때문에 근육이 발휘해야 하는 힘이 적게 나타났다(Konz and Johnson, 2000).

박격포탄 60mm 탄약포장상자는 소구경 5.56mm 탄약포장상자와 달리 관절 모멘트에서 일관된 결과를 나타 내지 않았다. 이는 New 모델이 Old 모델보다 2kg 가벼워졌으나 크기가 커져 작업에 따라 어깨 관절 모멘트 의 부하가 커지거나 작아지는 현상을 나타냈다. 하지만 지름이 작은 끈 형태의 Old 모델 손잡이보다 고정형 의 New 모델 손잡이로 인해 굽힘(Flexor) 근육들이 더 적은 근력으로 작업을 수행하였다.

박격포탄 81mm 탄약포장상자는 New 모델과 Old 모델의 폭과 높이에 큰 변화가 없다. 그러나 New 모델의 길이가 Old 모델보다 30mm 좁아 들기 작업 시 어깨와 팔꿈치를 보다 편안한 자세로 작업을 수행할 수 있어 신체적 부하가 감소하였다. 박격포탄 60mm 탄약포장상자와 같이 끈 형태의 Old 모델 손잡이보다 고정형의 New 모델 손잡이를 손과 손가락으로 편하게 잡을 수 있고, 상자 무게 또한 4kg 감소하여 더 적은 굽힘 (Flexor) 근육들의 근력으로 작업을 수행할 수 있었다.

전차탄 105mm 탄약포장상자의 운영은 2인이 취급하는 작업으로 다른 신체부위보다 허리에 많은 영향을 주 며, 상자의 크기 보다는 무게에 더 많은 영향을 받는다. New 모델이 Old 모델보다 10kg 감소하여 New 모델 들기 작업 시 허리의 신체적 부하가 많이 감소하였으며, 고정형 손잡이를 제공함으로써 손가락과 관련 근력도 감소하였다.

따라서 인간공학적으로 개선된 탄약포장상자는 손과 팔, 허리 등의 신체부위에서 부하를 덜 받도록 설계되었다고 판단되며, 이를 보급함으로써 군인들의 신체적 부담을 줄일 수 있을 것으로 예상된다. 또한 현재 나무에서 플라스틱으로 설계된 탄약포장상자를 사용함으로써 보관과 재사용이 편리해 질 것으로 사료된다. 그러나 본 연구는 탄약포장상자의 무게를 실험계획에 고려하지 않고 소수의 피실험자를 대상으로 분석하였기에 연구 결과를 확대 해석하는 데 제한될 수 있다.

## References

- Department of Defense, Design Criteria Standard: Human Engineering (MIL-STD-1472G), Washington, 2012.
- Hermens, H. J., Freriks, B., Merletti, R., Stegeman, D., Blok, J., and Rau, G., SENIAM: European Recommendations for Surface Electromyography, Enschede, The Netherlands: Roessingh Research and Development, 1999.
- Kim, S. Y., Study on the Safety of Manual Ammunition Handling, Master Thesis, Kyunggi University, 2001.
- Konz, S. and Johnson, S., Work Design: Industrial Ergonomics, Holcomb Hathaway, 301~330, 2000.
- Sanders, M. S. and McCormick, E. J., Human Factors in Engineering and Design, McGraw-Hill, 254~267, 1993.
- Wu, G., van der Helm, F. C., Veeger, H. E., Makhsous, M., Van Roy, P., and Anglin, C., ISB Recommendation on

Definitions of Joint Coordinate Systems of Various Joints for the Reporting of Human Joint Motion. Part II: Shoulder, Elbow, Wrist and Hand, *Journal of Biomechanics*, 38(5), 981~992, 2005.