JESK J Ergon Soc Korea 2020; 39(5): 511-528
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2020.39.5.511
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Revision of the AWBA (Agricultural Whole-Body Assessment) Considering Workload and Comparison with Existing Assessment Tools

Yong-Ku Kong, Kyeong-Hee Choi, Chae-Won Park, Seoung-Yeon Kim, Min-Jung Kim, Min-Uk Cho

Sungkyunkwan University, Department of Industrial Engineering, Suwon, 16419

작업 부하 고려를 통한 농작업 자세 평가도구의 수정 및 기존 도구와의 비교

공용구, 최경희, 박채원, 김승연, 김민정, 조민욱

성균관대학교 산업공학과

Corresponding Author
Min-Uk Cho
Sungkyunkwan University, Department of Industrial Engineering, Suwon, 16419
Email : crayonmm@naver.com

Received : September 03, 2020
Revised : September 29, 2020
Accepted : September 30, 2020

Copyright@2020 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: The purposes of this study were to revise the AWBA (Agricultural Whole-Body Assessment) considering disc compression according to various workloads and compare Re-AWBA with existing posture risk assessment tools (RULA, REBA, OWAS, and AWBA).

Background: Due to the nature of the agricultural site, workers have been frequently exposed to musculoskeletal disorders risk according to awkward working postures. AWBA was developed to overcome the limitations of existing posture risk assessment tools in evaluating such agricultural work postures. AWBA consisted of selecting upper-limb posture and lower-limb posture from AULA (Agricultural Whole-Body Assessment) and ALLA (Agricultural Lower-Limb Assessment). Since AWBA did not consider the workload, there was a limitation in assessing workloads and weights.

Method: The modification of AWBA was conducted based on the compression force of the lumbar disc computed by 3D-SSPP software. According to working type (one-handed and two-handed) and weight (0, 2, 4, 6, 8, and 10kg), the lumbar disc compression force was used to subdivide the current risk levels of AWBA. K-means analysis was used to subdivide each level, and the number of sub-levels was decided by the Nbclust package in Rstudio. For comparison between tools, the posture risk of 30 agricultural works was evaluated according to the height of the working point.

Results: Based on the current level of AWBA, level 1 and level 2 were divided into three sub-levels, and level 3 and level 4 were divided into four. A total of 11 tables were newly created according to the existing AWBA's posture combination and workload type. As a result of comparing the posture risk assessment results according to the height of the working point, AWBA and Revised AWBA evaluated higher than other tools at the lower working point.

Conclusion: Revised AWBA was modified by subdividing the existing AWBA results based on the lumbar compression force only. Therefore, in further studies, Re-AWBA would be improved by collecting various biomechanical data according to each posture and workload.

Application: Revised AWBA could be used more effectively than existing tools for

evaluating the risk in agricultural work. It is believed that it would help eliminate the risk factors that exist in agricultural sites.

Keywords: Ergonomic checklist, Agricultural working posture, AWBA (Agricultural Whole-Body Assessment), Lumbar disc compression, Workload, 3D-SSPP

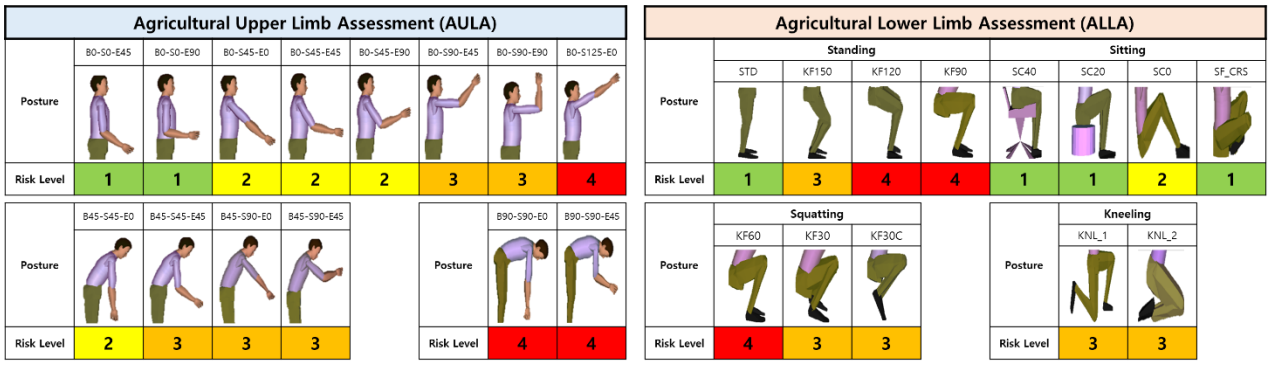
1. Introduction

농작업은 특성상 수작업으로 이루어져 작업과정을 표준화하기 어렵고, 많은 경우 무릎을 꿇고 쪼그려 앉거나 허리를 심하게 구부리거나, 비트는 부적절한 자세로 일하며, 중량물을 다루는 경우가 많아 다른 육체노동에 비해 힘들다고 평가된다(Kim and Shin, 2009; Lee, 2012). 이런 농작업의 특징으로 인하여 농업의 산업재해 발생비율은 매해 증가하는 추세이며, 2019년 산업재해 발생현황에서도 농업분야의 재해율(0.81)은 전 분야 평균 재해율(0.58)보다 39.7% 높은 수치를 보였다(Ministry of Employment and Labor, 2019). 우리나라 농업인 중 근골격계 통증 경험의 비율은 80.5%로 매우 높으며, 요통 및 무릎 통증은 특히 높은 유병률을 보인다(Ko, 2012). 그럼에도 불구하고, 농작업자에 대한 재해의 현황 파악과 원인 및 대책에 대한 연구활동이 미흡하여, 관련 연구가 매우 필요한 실정이다(Park et al., 2004).

근골격계질환(Musculoskeletal disorders)은 작업수행 과정 중 부적절한 자세, 반복, 또는 과다한 힘의 사용으로 근육이나 힘줄, 인대, 관절 등의 변화 및 근육 통증과 같은 증상 동반 또는 이런 증상이 지속되는 경우이며, 상대적으로 고령의 농업인들에게는 매우 치명적이라는 연구 보고가 있다(Kroemer, 1989; Punnett and Wegman, 2004). 근골격계질환의 예방을 위해 작업의 개선은 필수적이며, 이를 위해서는 기존 작업들의 작업 자세 부하를 정량적으로 평가할 수 있어야 한다. 정량적인 평가에 있어 자기 보고법, 관찰적 기법, 기기를 이용한 직접 측정법 등이 사용되고 있으며, 이 중 관찰적 기법이 작업 자세 부하 평가에 주로 사용되고 있다(Kee et al., 2018). 산업현장의 여러 작업 자세들의 부하를 평가하는 대표적인 관찰적 기법으로는 RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Entire Body Assessment), 그리고 OWAS (Ovako Working posture Analysis System) 등이 있다.

RULA, REBA, 그리고 OWAS와 같은 기존의 자세 평가도구들은 주로 산업현장에서 발생하는 작업 자세들의 작업 부하를 평가하기에 적합하도록 개발된 평가도구로, 비 정형적인 작업 및 쪼그려 앉는 자세가 빈번히 발생하는 다양한 농작업 자세들을 평가하기에는 한계가 있다(Kong et al., 2010; Kong et al., 2011). 이런 기존 평가도구들의 농작업 자세 평가의 한계를 해결하기 위해 본 연구팀은 농작업에서 빈번하게 발생하는 작업 자세를 조사하였으며, 14가지의 상지 자세와 13가지 하지 자세를 선정하였다. 선정한 각 자세의 정량적 부하를 평가하기 위하여 근육의 활성도인 근전도, 심박수, 그리고 피험자의 주관적 불편도를 분석하여, Table 1과 같이 상지 평가도구(Agricultural Upper Limb Assessment, AULA)와 하지 평가도구(Agricultural Lower Limb Assessment, ALLA)를 개발하였으며, 자세별 위험도를 4가지 수준(1=medium, 2=moderate, 3=high, 4=very high)으로 각각 평가하였다. 또한, 상지 평가도구와 하지 평가도구를 반영

Table 1. Agricultural Upper-Limb Assessment (AULA, Left), Agricultural Lower-Limb Assessment (ALLA, Right)



한 전신 평가도구(Agricultural Whole Body Assessment, AWBA, Table 2)를 개발(Kong et al., 2015)하였으며, 이를 검증하기 위해 실제 농가를 방문하여 선정한 80건의 농작업들에 대해, 기존의 평가도구들(RULA, REBA, OWAS)과 함께, 전문가의 위험도 평가 결과의 비교하는 연구를 진행하였다. 검증연구 결과에서, 전신 평가도구인AWBA (44.4%)가 REBA (37.6%), OWAS (28.6%), RULA (28.3%)보다 상대적으로 전문가들의 위험도 평가와 높은 일치율을 보였다(Kong et al., 2018).

Table 2. AWBA (Agricultural Whole-Body Assessment)

Agricultural Whole-Body Assessment (AWBA)		Agricultural Upper-Limb Assessment (AULA)			
		4	3	2	1
Agricultural Lower-Limb Assessment (ALLA)	4	4	4	4	3
	3	4	3	3	3
	2	4	3	2	2
	1	3	3	2	1

Level	Risk level
4	Very High
3	High
2	Moderate
1	Medium

다만, 농작업에서는 Figure 1과 같이 삽, 갈퀴, 또는 전지가위 등과 같은 수공구를 손에 들고 사용하는 경우 또는 특정 무게를 사용하는 작업 자세가 빈번하게 일어나며, 이는 작업 부하에 영향을 준다는 연구 결과(Kee, 2004; Ryu et al., 2005)에도 불구하고, 작업 자세만을 평가하는 기존의 AWBA로는 수공구 또는 무게 작업으로 인한 작업 부하를 평가하는 데에는 한계가 있다.

Figure 1. Examples of agricultural working tasks with hand tools

따라서, 본 연구의 목적은 (1) 농작업에서 수행하는 다양한 수공구 및 무게로 인한 작업자 허리에 미치는 부담을 3D SSPP (3 Dimensional Static Strength Prediction Program)로 평가하여, 기존의 AWBA 자세 평가에 무게로 인한 작업부담을 반영한 수정된 AWBA (Revised-AWBA) 평가도구를 제시하고, (2) 다양한 높이의 작업점에서 수행하는 30가지 농작업 자세들을 선정하여 수정된 AWBA 평가도구를 적용하여 작업의 위험도를 평가한 후, 기존의 평가도구들(RULA, REBA 그리고 OWAS)과 비교하고자 한다.

2. Methods

2.1 Types of workloads

우리나라 농업인들이 농작업 수행 시 10kg 이하의 수공구를 사용하는 경우가 약 96.7%라는 선행 연구(Kim and Shin, 2009)를 반영하

여, 총 6개의 작업 무게수준(0, 2, 4, 6, 8, 그리고 10kg)과 수공구 종류에 따른 2개 수준의 작업 방법(한손 그리고 양손)의 조합으로 총 11가지 (5개의 무게수준 × 2개의 작업 방법, 그리고 0kg 무게수준)의 작업 부하 유형을 고려하였다.

2.2 Lumbar disc compression force by 3D SSPP

AULA와 ALLA에서 선정한 상지(14자세) 및 하지(13자세) 자세의 모든 조합인 182가지 자세(14×13)에 대해, 다양한 작업 부하에 따른 신체 부담을 정량화하기 위하여 Figure 2와 같이 생체역학적 부하를 평가하는 3D SSPP Software v7.05 (Three-Dimensional Static Strength Prediction Program, University of Michigan, MI, USA)를 사용하였다. 182가지 자세 중 Table 3과 같이 실제 농작업에서 발생하기 어려운 13가지 자세를 제외한 169가지 자세를 평가하였다.

인체모델의 anthropometric data 입력을 위해 우리나라 60대 남성의 평균 키(165.4cm)와 몸무게(68.5kg)를 사용하였으며(Size Korea, 2015), 각 자세와 부하의 조건에 따라 3D SSPP 분석을 통해 허리부분인 L4/L5와 L5/S1의 압축력(L4/L5 & L5/S1 disc compression forces)을 도출하였다. 도출된 허리 압축력 크기에 대하여 자세 점수(Level 1, 2, 3, 그리고 4), 작업 방법(한손/양손), 작업 무게(0, 2, 4, 6, 8, 그리고 10kg)의 효과를 검증하기 위해 분산분석 및 Tukey T-test를 시행하였으며(p-value 0.05), 모든 통계분석은 SPSS 25.0을 이용하여 수행하였다.

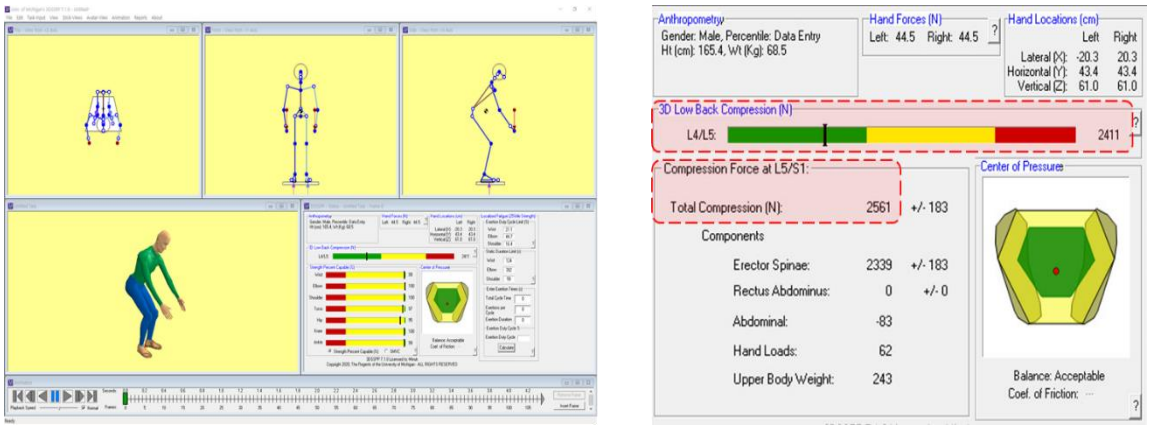
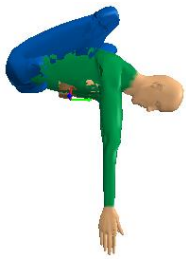


Figure 2. 3D SSPP program (Left), Results of lumbar disc compression force (Right)

Table 3. Examples of excluded working postures

Posture			
Upper-Limb	B45-S45-E0	B90-S90-E0	B90-S90-E45
Lower-Limb	SC0	SF_CRS	KF30

2.3 K-Means analysis

다양한 자세에 따라 정량적 data(근육활성도, 심박수)와 정성적 data(주관적 만족도)를 반영한 AWBA 평가도구에, 각 자세의 허리 압축력 분석을 보완하여, 기존의 4단계로 나누어져 있는 위험수준을 작업 부하에 따라 sub-level로 세분화하기 위해, 본 연구에서는 각 수준 내에서 군집분석을 실시하였다. 위험수준에 따른 자세 및 작업 부하 조합의 수는 Table 4와 같으며 level 1을 제외하면 200개 이상의 case가 있으므로, 많은 data set의 군집화에 유리하고, data 사이의 유사성에 기반하여 군집화하는 비 계층적 군집화의 하나인 K-means analysis를 사용하였다(Macqueen, 1967; Abbas, 2007).

Table 4. Number of cases for each risk level

	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Posture (case)	8	21	94	46
Workload (case)	11	11	11	11
Total (case)	88	231	1,034	506

K-means analysis 수행을 위한, 군집의 수를 결정하기 위해 R package 중 한 가지인 NbClust package를 사용하였다(Charrad et al., 2014). NbClust 함수 내 군집화의 정확도를 평가하는 지표 중 비 계층적 군집화 기법에 자주 사용하는 Friedman index (Friedman and Rubin, 1967; Dimitriadou, 2002)를 사용하였으며, 군집화의 기준으로는 허리 압축력(L4/L5 & L5/S1 compression force)을 이용하였다. 그 결과, 'level 1'과 'level 2'는 3개의 군집 그리고 'level 3'과 'level 4'는 4개의 군집으로 나눈 경우가 최적의 군집 결과를 보였으며, 모든 분석은 RStudio v3.60 (RStudio, MA, USA)을 이용하였다.

2.4 Comparison between assessment tools

Revised-AWBA를 기존 자세 평가도구(RULA, REBA, OWAS, AWBA)와 비교하기 위하여 30개의 농작업을 대상으로 자세 평가를 수행하였다. 선정 작업으로는 높은 작업점(어깨 위에서 작업을 하는 경우), 중간 작업점(골반과 어깨 사이에서 작업을 하는 경우), 낮은 작업점(골반 아래에서 작업을 하는 경우)과 같이 작업의 높이에 따라 각각 10개의 작업을 선정하였다.

다만, RULA, OWAS, ABWA는 4단계로 작업 자세의 위험도가 평가되지만, REBA는 총 5개의 단계(0단계, 1단계, 2단계, 3단계 그리고 4단계)로 평가되며 Revised-AWBA는 기존 AWBA의 4단계에 추가로 단계마다 sub-level이 존재하기 때문에 도구들 간의 비교를 위해 위험도 평가 척도를 통일할 필요가 있다. 이에 따라, Table 5와 같이 REBA의 0, 1단계는 1점으로, 나머지 단계들은 원래와 동일한 점수로, Revised-AWBA는 각 sub level의 점수가 등간격을 이루도록 설정하였다. 평가도구 간 비교를 위하여 인간공학 분야 전공의 연구원 5명이 자세를 평가하였으며, 연구원 간 평가 결과가 다르게 도출된 작업들에 대하여 재분석을 통해 일치된 의견을 도출하였다.

Table 5. Risk levels and scores of each assessment tool (REBA, RULA, OWAS, AWBA and Revised-AWBA)

REBA	Level	0		1	2			3				4			
	Score	1.00			2.00			3.00				4.00			
OWAS RULA AWBA	Level	1			2			3				4			
	Score	1.00			2.00			3.00				4.00			
Re-AWBA	Level	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3	3-4	4-1	4-2	4-3	4-4
	Score	1.00	1.33	1.67	2.00	2.33	2.67	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75

3. Results

3.1 Development of revised AWBA

3.1.1 Disc compression force

3D SSPP를 이용하여 앞서 제시한 169가지의 자세를 분석한 결과, 허리 압축력은 기존 자세 점수와 작업 무게에 대한 주 효과에서 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 즉, 기존 자세의 위험수준과 작업 무게가 각각 level 1에서 level 4로, 0kg에서 10kg로 점차 증가함에 따라 허리 압축력 역시 증가하는 경향을 보였다(Figure 3).

위험수준이 상대적으로 낮은 level 1과 2의 작업 자세에서의 작업 무게에 따른 평균 허리 압축력은 각각 952.7N과 1480.2N이었으며, level 3과 level 4는 1777.0N과 1828.3N의 평균 허리 압축력으로, 평균 level 1의 압축력 보다 약 90% 높은 경향을 보였다. 또한, 작업 무게가 증가함에 따라 허리 압축력이 증가하는 경향을 보였는데, 0kg의 무게에 대한 다양한 자세들의 평균 허리 압축력은 평균 1193.7N인 반면, 10kg일 경우의 평균 허리 압축력은 약 1.8배인 2145.0N을 보였다.

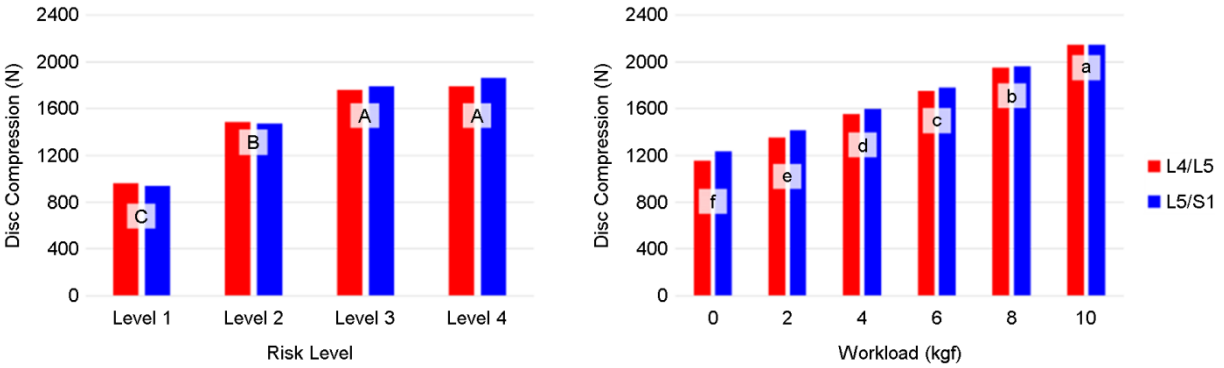


Figure 3. Lumbar disc compression forces for risk levels (left) and workloads (right)

3.1.2 K-Means analysis

NbClust package를 통해 나온 결과를 토대로 level 1과 2는 3개의 sub-level로, level 3와 4는 4개의 sub-level로 비 계층적 군집화를 수행했다. 군집의 중심 값과 각 군집이 차지하는 비율은 Table 6과 같다. 각 sub-level 간 허리 압축력 크기의 차이가 통계적으로 유의한지의 여부를 확인하기 위한 분산분석을 수행한 결과, Table 7과 같이 L4/L5와 L5/S1에서의 압축력이 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 6. Clustering results for levels 1, 2, 3 and 4

Sub-level	Disc compression (N)		Ratio (%)
	L4/L5	L5/S1	
1-1	618.6	647.0	31.8
1-2	963.8	940.2	40.9
1-3	1366.4	1287.5	27.3

Sub-level	Disc compression (N)		Ratio (%)
	L4/L5	L5/S1	
2-1	991.3	993.9	43.3
2-2	1636.3	1596.4	39.8
2-3	2401.7	2417.1	16.9

Table 6. Clustering results for levels 1, 2, 3 and 4 (Continued)

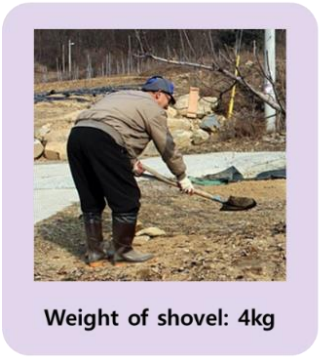
Sub-level	Disc compression (N)		Ratio (%)
	L4/L5	L5/S1	
3-1	862.2	878.4	37.9
3-2	1562.5	1543.1	22.9
3-3	2428.5	2524.9	25.7
3-4	3356.3	3398.3	13.5
4-1	891.4	924.2	29.7
4-2	1489.9	1469.7	23.5
4-3	2274.4	2422.7	31.0
4-4	2988.8	3115.0	15.8

Table 7. ANOVA results of disc compression between sub-levels for each level

Risk level	Lumbar disc	Between group		Within group		*F*	*p*-value
		Sum of squares	DoF	Sum of squares	DoF		
Level 1	L4/L5	$3.61*10^6$	2	$1.66*10^4$	85	217.59	< 0.001
	L5/S1	$2.65*10^6$		$1.30*10^4$		203.87	
Level 2	L4/L5	$2.96*10^7$	2	$4.90*10^4$	228	605.15	< 0.001
	L5/S1	$2.96*10^7$		$4.14*10^4$		713.64	
Level 3	L4/L5	$2.66*10^8$	3	$6.22*10^4$	1,030	4275.48	< 0.001
	L5/S1	$2.81*10^8$		$5.90*10^4$		4761.37	
Level 4	L4/L5	$0.95*10^8$	3	$4.63*10^4$	502	2042.67	< 0.001
	L5/S1	$1.08*10^8$		$4.26*10^4$		2544.87	

3.1.3 Revised AWBA Table

3.1.2절의 군집화 결과를 기반으로, 기존의 AWBA Table을 작업 무게와 작업 방법에 따라 11가지의 Table로 세분화하였다(Appendix 참



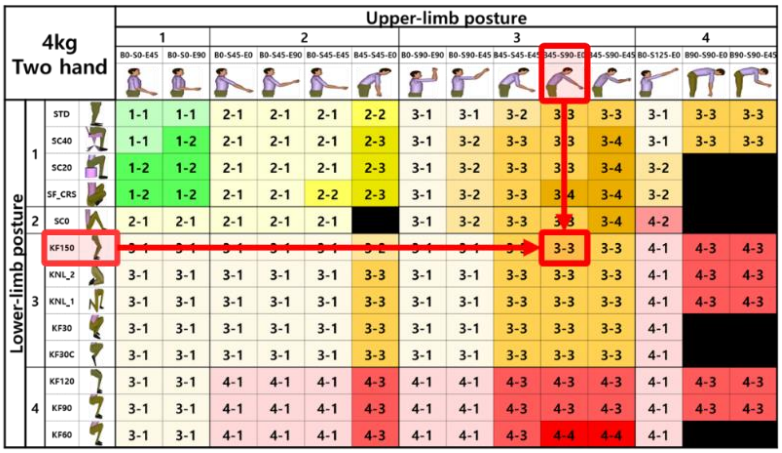


Figure 4. Example result for revised AWBA (workload: 4kg, Two-hand)

조). 평가 방법으로는, Figure 4와 같이 작업 무게 및 작업 방법에 따라 해당하는 Table (4kg & Two-hand)을 우선 선택한 후, 기존의 AULA(상지) 평가 및 ALLA(하지) 평가 방법과 같이, 상지(B45-S90-E0) 및 하지(KF150)의 해당 자세를 선택하여, 해당 작업의 자세 및 작업 부하(level 3-3: risk level-high)를 평가하게 된다. 2.2절에서 이미 언급한 바와 같이, 총 182가지 조합(상지 14가지 * 하지 13가지)의 자세 중 평가에서 제외한 13가지 자세는 AWBA Table에서 빈 칸(black)으로 표시하였으며, 각 sub-level들을 쉽게 구분할 수 있도록 음영을 다르게 적용하였다.

3.2 Comparison between risk assessment tools

작업점의 높이에 따른 30개의 작업 자세를 각 도구들을 이용하여 평가한 결과, AWBA를 이용한 경우, 대체로 보수적인 평가를 하여 높은 위험도가 나타나는 경향을 보였다. 특히, 작업점이 낮은 경우 Revised AWBA (3.19) 및 AWBA (2.80)의 결과는 다른 평가도구(RULA, 2.40; OWAS, 2.40; REBA, 1.70)들에 비해 높은 위험도를 나타냈으며($p<0.05$), REBA의 경우 다른 평가도구들에 비해 가장 낮은 위험도를 보였다.

중간 높이의 작업점에서는 Revised AWBA (2.63), AWBA (2.5), 그리고 RULA (2.3)가 서로 유사한 결과를 보였으며, 나머지 평가도구(OWAS, 1.70; REBA, 1.10)들에 비해 높은 위험도를 나타났다($p<0.05$). 높은 작업점에서도 역시 중간 작업점의 분석과 유사한 경향 즉, Revised AWBA, AWBA, 그리고 RULA가 서로 유사한 결과 및 다른 평가도구들 보다 높은 위험도 평가를 보였으며, 유의하지는 않지만 RULA (3.20)가 AWBA (3.00) 및 Re-AWBA (3.00)에 비하여 높게 평가하는 경향을 보였다(Figure 5).

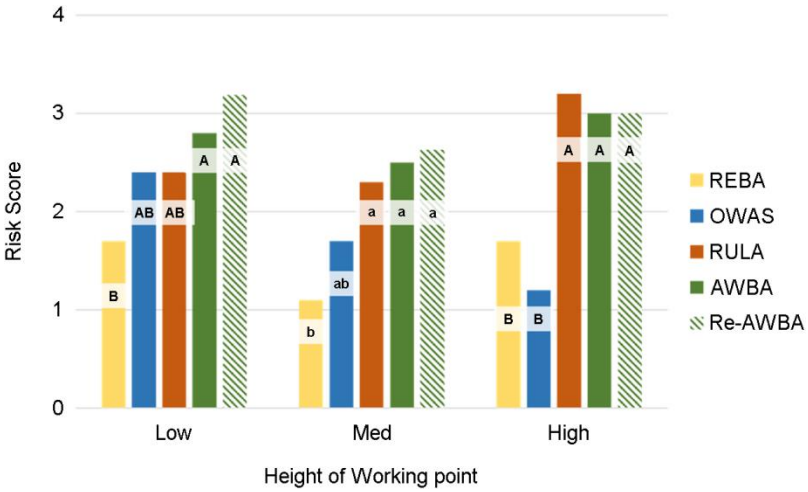


Figure 5. Risk assessments results of 10 working postures for each height of working point

4. Discussion and Conclusions

농작업의 자세를 정확히 평가하기 위해서는 기존의 산업현장에서 적용해 오던 평가도구들을 적용하기에는 한계가 있어, 본 연구팀은 한국형 농작업 자세 평가도구인 AWBA를 개발한 바가 있다. 다만, 기존의 평가도구들과는 달리, 다양한 작업 부하에 관한 평가를 반영하지 못했던 문제를 해결하기 위해 생체역학적 모델링 프로그램인 3D SSPP의 허리 압축력(요추부 L4/L5 및 L5/S1 관절에 발생하는 압축력)을 반영하여, 기존의 자세에 따른 위험도를 sub-level로 세분화한, 수정된 AWBA (Revised AWBA)를 제안하였다(Appendix).

분석 결과에 따르면, 기존 자세 점수가 증가함에 따라 허리 압축력이 증가하는 경향을 보인 반면, 위험도가 높은 level 3 및 level 4 사이에는 큰 차이가 나타나지 않았다. 이는 하지 자세가 앉은 자세인 SC0 (1756.1N), SC20 (1837.0N), SC40 (1898.7N) 그리고 SF_CRS

(1936.5N)에 해당하는 경우 평균 허리 압축력이 다른 하지 자세들에 비하여 높게 나타나는데($p<0.05$), level 3는 94가지 자세 중에 25가지(약 26.6%)의 자세가 앉은 자세에 해당하는 반면, level 4는 1가지(약 2.2%)만 해당하기 때문이다. 등받이 없이 앉아서 있는 경우와 서 있을 때의 허리 부하를 비교하기 위하여 허리 부근의 근전도 data를 기반으로 허리 압축력을 계산한 Callaghan and McGill (2001)의 연구에 따르면, 허리가 지지되지 않은 상태에서 앉아있는 경우가 서있는 경우보다 더 큰 허리 압축력이 발생한다는 결과가 있으며, 이에 기반하여 본 연구에서도 유사한 경향이 나타났음을 알 수 있다.

농작업에서 사용하는 수공구의 96.7%가 10kg 이하라는 선행 연구(Kim and Shin, 2009)에 기반하여 본 연구에서는 작업 무게를 0kg에서 10kg까지 설정하였으며, 작업 방법을 한손 및 양손으로 설정하여 총 11가지의 작업 부하를 구성하였다. 작업 무게의 증가에 따라 허리 압축력이 증가했으며, 10kg의 수공구를 들고 작업하는 경우 들지 않았을 때에 비하여 약 1.8배 높은 허리 압축력을 보였다. 같은 무게를 들 때 작업 방법에 따라 허리 압축력에 차이가 생기지 않았는데, 이는 서 있는 자세에서 박스를 들어올릴 때 작업 방법에 따라 측면 전단력(lateral shear force)는 유의미한 차이가 나타난 반면, 허리 압축력(compression force)은 차이가 나타나지 않은 기존 연구(Ferguson et al., 2002)와 유사한 결과를 나타낸다.

또한, 작업점이 낮은 자세들의 위험도 평가 결과에 따르면, AWBA와 Revised AWBA가 다른 평가도구들 보다 높은 위험으로 평가하는 경향을 보였다. 낮은 자세들 중에서도 특히 무릎의 굴곡 각도가 큰 경우와 허리 굽힘 각도가 90도 이상인 경우에 평가 결과 차이가 두드러졌는데, 이 자세들은 자세 평가도구들의 위험도 평가 결과와 전문가의 주관적 위험도 평가 결과를 비교한 Kong et al. (2018)의 연구에서 전문가들이 주로 4단계로 평가한 높은 위험의 자세들에 해당하며, 실제 농작업에서도 자주 발생한다(Lee et al., 2008). 그렇기 때문에, 낮은 자세의 농작업 평가에 있어 기존 평가도구(RULA, REBA, OWAS 등)들을 사용 시, 무릎이나 허리를 과도하게 굽히는 자세들의 위험도를 실제보다 낮게 평가할 위험이 존재한다.

유의한 차이는 나타나지 않았지만, 기존 AWBA에 비해 모든 작목에서 Revised AWBA가 낮게 위험도를 평가했는데, 이는 추후 sub-level의 점수 산출 기준 변화를 통해 좀 더 정확한 기준으로 비교가 가능할 것으로 예상된다.

5. Conclusions

본 연구의 목적은 기존에 작업 부하를 평가하지 못하는 한계를 지닌 AWBA의 수정을 통해 추후 농작업의 자세 평가에 있어 좀 더 정확한 평가를 가능하게 하는 것이다. 그 결과 총 182가지의 자세 조합 중 169가지의 자세에 대하여 새로운 작업 평가 sheet (Appendix)를 제시하였으며, 작업 무게 및 방법에 따라 작업위험도 평가를 수행할 수 있게 되었다.

본 연구의 한계점으로는, 무게에 따른 허리 관절의 압축력을 기반으로 위험도를 세분화했다는 점과, 기존 평가도구들과 비교에 있어 보다 다양하고 많은 작업들의 평가가 필요하다는 점을 들 수 있다. 추후 각 자세 조합에 따른 허리 압축력 뿐만 아니라, 여러 관절에 생기는 힘과 다양한 생체역학적 데이터의 수집을 통해 보완해 나가야 할 것이며, 보다 다양한 작목들과 작업환경에서의 작업 자세들에 대한 기존 평가도구들과의 비교를 통하여, 개선된 Re-AWBA의 보다 심층적인 검증 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agricultural Science and Technology Development (Project No. PJ015313022020)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

Abbas, O.A., Comparisons between data clustering algorithms, *The International Arab Journal of Information Technology*, 5(3), 320-325, 2007.

Callaghan, J.P. and McGill, S.M., Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting, *Ergonomics*,

44(3), 280-294, 2001.

Charrad, M., Ghazzali, N., Boiteau, V. and Niknafs, A., NbClust: An R package for determining the relevant number of clusters in a data set, *Journal of Statistical Software*, 61(6), 1-36, 2014.

Dimitriadou, E., Dolnicar, S. and Weingessel, A., An examination of indexes for determining the number of clusters in binary data sets, *Psychometrika*, 67(1), 137-159, 2002.

Ferguson, S.A., Gaudes-MacLaren, L.L., Marras, W.S., Waters, T.R. and Davis, K.G., Spinal loading when lifting from industrial storage bins, *Ergonomics*, 45(6), 399-414, 2002.

Friedman, H.P. and Rubin, J., On some invariant criteria for grouping data, *Journal of the American Statistical Association*, 62(320), 1159-1178, 1967.

Kee, D.H., Investigation on perceived discomfort depending on external load, upper limb postures and their duration, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 30(2), 76-83, 2004.

Kee, D.H., Na, S.H. and Chung, M.K., Effects of external load depending on hand position based on perceived discomfort, *Journal of Korean Institute of Industrial Engineers*, 44(6), 415-421, 2018.

Kim, Y.C. and Shin, Y.S., The survey of work-related musculoskeletal disorders for agricultural workers, *Ergonomics Society of Korea*, (pp. 211-215), Suwon. Korea, 2009.

Ko, S.B., Work-related diseases and injury of Korean farmer: causes, epidemiology, and countermeasure, *Journal of the Korean Medical Association*, 55(11), 1044-1045, 2012.

Kong, Y.K., Han, J.G. and Kim, D.M., Development of an ergonomic checklist for the investigation of work-related lower limb disorders in farming - ALLA: agricultural lower-limb assessment, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(6), 933-942, 2010.

Kong, Y.K., Lee, S.J., Lee, K.S., Han, J.G. and Kim, D.M., Development of an ergonomic checklist for the investigation of work-related upper limb disorders in farming - AULA: agricultural upper-limb assessment, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30(4), 481-489, 2011.

Kong, Y.K., Lee, S.J., Lee, K.S., Kim, G.R. and Kim, D.M., Development of an ergonomic checklist for investigation of work-related whole-body disorders in farming - AWBA: agricultural whole-body assessment, *Journal of Agricultural Safety and Health*, 21(4), 207-215, 2015.

Kong, Y.K., Lee, K.S., Lee, J.H. and Choi, K.H., Development and validation of agricultural whole-body assessment (AWBA), *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 37(5), 591-608, 2018.

Kroemer, K.H.E., Cumulative trauma disorders: Their recognition and ergonomics measures to avoid them, *Applied Ergonomics*, 20(4), 274-280, 1989.

Lee, C.G., Work-related musculoskeletal disorders in Korean farmers, *Journal of the Korean Medical Association*, 55(11), 1054-1062, 2012.

Lee, Y.H., Lee, J.H., Lee, K.S., Kim, K.S., Lee, Y.G., Kong, Y.K. and Lee, S.J., Characteristics of lower limb posture in major agricultural work in Korea, *The Korean Society of Occupational and Environment*, (pp. 199-200), Korea, 2008.

Macqueen, J., Some methods for classification and analysis of multivariate observations, Proceedings of the fifth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability, 1 (pp. 281-297), Berkely. CA., 1967.

Ministry of Employment and Labor, *2019 Status of Industrial Accidents*, 2019.

Park, D.H., Yun, M.H., Ji, Y.G., Choi, Y.J. and Lee, J.H., A study of safety guideline and customer needs on agricultural machinery, *The Korean Operations Research and Management Science Society*, (pp. 655-658), Jeonju. Korea, 2004.

Punnett, L. and Wegman, D.H., Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14(1), 13-23, 2004.

Ryu, T.B., Park, Y.J., Na, S.H., Chung, M.K. and Kee, D.H., Evaluation of varying shoulder postures with external loads using a psychophysical method, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 24(2), 9-15, 2005.

Size Korea, 7th Korea Human Body Dimension Survey Project, *Size Korea*, 2015.

Author listings

Yong-Ku Kong: ykong@skku.edu
Highest degree: PhD, Industrial Engineering, Pennsylvania State University
Position title: Professor, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University
Areas of interest: Physical ergonomics, Hand prosthesis, Ergonomics design

Kyeong-Hee Choi: kyunghe7@naver.com
Highest degree: M.S, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University
Position title: PhD Candidate, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University
Areas of interest: Physical ergonomics, Hand prosthesis, Ergonomics design

Chae-Won Park: cwrachel@naver.com
Highest degree: B.S, Computer Engineering, Bachelor's degree Examination for Self-Education in Korea
Position title: M.S Candidate, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University
Areas of interest: Physical ergonomics, Hand prosthesis, Ergonomics design

Seoung-Yeon Kim: kimsy9035@naver.com
Highest degree: B.S, Industrial Management Engineering, Hanbat University
Position title: M.S Candidate, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University
Areas of interest: Physical ergonomics, Hand prosthesis, Ergonomics design

Min-Jung Kim: xlsk1013@naver.com
Highest degree: B.S, Safety Engineering, Dongguk University

Position title: M.S Candidate, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University
Areas of interest: Physical ergonomics, Hand prosthesis, Ergonomics design

Min-Uk Cho: crayonmm@naver.com
Highest degree: B.S, Department of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University
Position title: M.S Candidate, Department of Industrial Engineering, Sungkyunkwan University
Areas of interest: Physical ergonomics, Hand prosthesis, Ergonomics design

Appendix

1. Revised Agricultural Whole-Body Assessment (AWBA)

1. Select workload (weight, one/two handed)

2. Select upper-limb posture from 3rd row

3. Select lower-limb posture from 3rd column

0kg			Upper-limb posture													
			1		2				3					4		
			B0-S0-E45	B0-S0-E90	B0-S45-E0	B0-S45-E90	B0-S45-E45	B45-S45-E0	B0-S90-E90	B0-S90-E45	B45-S45-E45	B45-S90-E0	B45-S90-E45	B0-S125-E0	B90-S90-E0	B90-S90-E45
Lower-limb posture	1	STD	1-1	1-1	2-1	2-1	2-1	2-2	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-1	3-2	3-2
		SC40	1-1	1-1	2-1	2-1	2-1	2-2	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	3-1	3-3	3-3
		SC20	1-1	1-1	2-1	2-1	2-1	2-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	3-1		
		SF_CRS	1-1	1-1	2-1	2-1	2-1	2-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	3-1		
	2	SC0	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1		3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1		
	3	KF150	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	4-1	4-3	4-3
		KNL_2	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-1	3-1	3-2	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KNL_1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KF30	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1		
		KF30C	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1		
	4	KF120	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-2	4-1	4-1	4-2	4-3	4-3	4-1	4-3	4-3
		KF90	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-2	4-1	4-1	4-2	4-3	4-3	4-1	4-3	4-3
		KF60	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-3	4-3	4-3	4-1		

2kg Two hand			Upper-limb posture														
			1		2				3					4			
			B0-S0-E45	B0-S0-E90	B0-S45-E0	B0-S45-E90	B0-S45-E45	B45-S45-E0	B0-S90-E90	B0-S90-E45	B45-S45-E45	B45-S90-E0	B45-S90-E45	B0-S125-E0	B90-S90-E0	B90-S90-E45
Lower-limb posture	1	STD	1-1	1-1	2-1	2-1	2-1	2-2	3-1	3-1	3-2	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3
		SC40	1-1	1-1	2-1	2-1	2-1	2-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	3-1	3-3	3-3
		SC20	1-1	1-1	2-1	2-1	2-1	2-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	3-1		
		SF_CRS	1-2	1-2	2-1	2-1	2-1	2-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	3-1		
	2	SC0	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1		3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1		
	3	KF150	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-1	3-1	3-2	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KNL_2	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KNL_1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KF30	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1		
		KF30C	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1		
	4	KF120	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-2	4-1	4-1	4-3	4-3	4-3	4-1	4-3	4-3
		KF90	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-3	4-3	4-3	4-1	4-3	4-3
		KF60	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-3	4-3	4-3	4-1		

2kg One hand			Upper-limb posture														
			1		2				3					4			
			B0-S0-E45	B0-S0-E90	B0-S45-E0	B0-S45-E90	B0-S45-E45	B45-S45-E0	B0-S90-E90	B0-S90-E45	B45-S45-E45	B45-S90-E0	B45-S90-E45	B0-S125-E0	B90-S90-E0	B90-S90-E45
Lower-limb posture	1	STD	1-1	1-1	2-1	2-1	2-1	2-2	3-1	3-1	3-2	3-3	3-3	3-1	3-2	3-3
		SC40	1-1	1-1	2-1	2-1	2-1	2-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	3-1	3-3	3-3
		SC20	1-1	1-2	2-1	2-1	2-1	2-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	3-1		
		SF_CRS	1-2	1-2	2-1	2-1	2-1	2-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	3-1		
	2	SC0	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1		3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1		
	3	KF150	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-1	3-1	3-2	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KNL_2	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KNL_1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KF30	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1		
		KF30C	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1		
	4	KF120	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-2	4-1	4-1	4-3	4-3	4-3	4-1	4-3	4-3
		KF90	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-3	4-3	4-3	4-1	4-3	4-3
		KF60	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-3	4-3	4-3	4-1		

4kg Two hand			Upper-limb posture														
			1		2				3					4			
			B0-S0-E45	B0-S0-E90	B0-S45-E0	B0-S45-E90	B0-S45-E45	B45-S45-E0	B0-S90-E90	B0-S90-E45	B45-S45-E45	B45-S90-E0	B45-S90-E45	B0-S125-E0	B90-S90-E0	B90-S90-E45
Lower-limb posture	1	STD	1-1	1-1	2-1	2-1	2-1	2-2	3-1	3-1	3-2	3-3	3-3	3-1	3-3	3-3
		SC40	1-1	1-2	2-1	2-1	2-1	2-3	3-1	3-2	3-3	3-3	3-4	3-1	3-3	3-3
		SC20	1-2	1-2	2-1	2-1	2-1	2-3	3-1	3-2	3-3	3-3	3-4	3-2		
		SF_CRS	1-2	1-2	2-1	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-4	3-2		
	2	SC0	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1		3-1	3-2	3-3	3-3	3-4	4-2		
	3	KF150	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KNL_2	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KNL_1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KF30	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1		
		KF30C	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1		
	4	KF120	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-3	4-3	4-3	4-1	4-3	4-3
		KF90	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-3	4-3	4-3	4-1	4-3	4-3
		KF60	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-3	4-4	4-4	4-1		

4kg One hand			Upper-limb posture														
			1		2				3					4			
			B0-S0-E45	B0-S0-E90	B0-S45-E0	B0-S45-E90	B0-S45-E45	B45-S45-E0	B0-S90-E90	B0-S90-E45	B45-S45-E45	B45-S90-E0	B45-S90-E45	B0-S125-E0	B90-S90-E0	B90-S90-E45
Lower-limb posture	1	STD	1-1	1-1	2-1	2-1	2-1	2-2	3-1	3-1	3-2	3-3	3-3	3-1	3-3	3-3
		SC40	1-2	1-2	2-1	2-1	2-1	2-3	3-1	3-2	3-3	3-3	3-4	3-2	3-3	3-3
		SC20	1-2	1-2	2-1	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-4	3-2		
		SF_CRS	1-2	1-2	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	3-2		
	2	SC0	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1		3-1	3-2	3-3	3-3	3-4	4-2		
	3	KF150	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KNL_2	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KNL_1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
		KF30	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-2	3-3	3-3	3-4	4-1		
		KF30C	3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-3	3-1	3-2	3-3	3-3	3-4	4-1		
	4	KF120	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-3	4-3	4-3	4-1	4-3	4-3
		KF90	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-3	4-3	4-3	4-1	4-3	4-3
		KF60	3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-3	4-4	4-4	4-1		

6kg Two hand

Lower-limb posture			Upper-limb posture 1		2				3					4		
			B0-S0-E45	B0-S0-E90	B0-S45-E0	B0-S45-E90	B0-S45-E45	B45-S45-E0	B0-S90-E90	B0-S90-E45	B45-S45-E45	B45-S90-E0	B45-S90-E45	B0-S125-E0	B90-S90-E0	B90-S90-E45
1	STD		1-1	1-1	2-1	2-1	2-1	2-2	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	3-1	3-3	3-3
	SC40		1-2	1-2	2-2	2-2	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-4	3-2	3-3	3-3
	SC20		1-2	1-2	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	3-2		
	SF_CRS		1-2	1-3	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	3-2		
2	SC0		2-1	2-1	2-2	2-2	2-2		3-1	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2		
3	KF150		3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-1	3-1	3-3	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
	KNL_2		3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3	3-3	3-4	4-2	4-3	4-4
	KNL_1		3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2	4-3	4-4
	KF30		3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2		
	KF30C		3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2		
4	KF120		3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-1	4-3	4-3	4-4	4-1	4-3	4-4
	KF90		3-1	3-1	4-1	4-1	4-1	4-3	4-1	4-2	4-3	4-3	4-4	4-1	4-3	4-4
	KF60		3-1	3-1	4-1	4-1	4-2	4-3	4-1	4-2	4-3	4-4	4-4	4-2		

6kg One hand

Lower-limb posture			Upper-limb posture 1		2				3					4		
			B0-S0-E45	B0-S0-E90	B0-S45-E0	B0-S45-E90	B0-S45-E45	B45-S45-E0	B0-S90-E90	B0-S90-E45	B45-S45-E45	B45-S90-E0	B45-S90-E45	B0-S125-E0	B90-S90-E0	B90-S90-E45
1	STD		1-1	1-2	2-1	2-1	2-1	2-2	3-1	3-2	3-3	3-3	3-3	3-1	3-3	3-3
	SC40		1-2	1-2	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	3-2	3-3	3-3
	SC20		1-2	1-3	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	3-2		
	SF_CRS		1-2	1-3	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	3-2		
2	SC0		2-1	2-1	2-2	2-2	2-2		3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2		
3	KF150		3-1	3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-1	3-2	3-3	3-3	3-3	4-1	4-3	4-3
	KNL_2		3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3	3-3	3-4	4-2	4-3	4-4
	KNL_1		3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2	4-3	4-4
	KF30		3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2		
	KF30C		3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2		
4	KF120		3-1	3-1	4-1	4-1	4-2	4-3	4-1	4-2	4-3	4-3	4-4	4-2	4-3	4-4
	KF90		3-1	3-1	4-1	4-1	4-2	4-3	4-1	4-2	4-3	4-4	4-4	4-2	4-3	4-4
	KF60		3-1	3-1	4-2	4-2	4-2	4-3	4-1	4-2	4-3	4-4	4-4	4-2		

8kg Two hand

Lower-limb posture			Upper-limb posture 1		2				3					4		
			B0-S0-E45	B0-S0-E90	B0-S45-E0	B0-S45-E90	B0-S45-E45	B45-S45-E0	B0-S90-E90	B0-S90-E45	B45-S45-E45	B45-S90-E0	B45-S90-E45	B0-S125-E0	B90-S90-E0	B90-S90-E45
	1	STD	1-1	1-2	2-1	2-1	2-2	2-2	3-1	3-2	3-3	3-3	3-3	3-2	3-3	3-3
		SC40	1-2	1-3	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	3-2	3-3	3-4
		SC20	1-2	1-3	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	3-2		
		SF_CRS	1-3	1-3	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	3-2		
	2	SC0	2-1	2-1	2-2	2-2	2-2		3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	4-2		
	3	KF150	3-1	3-1	3-1	3-1	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3	3-3	3-3	4-2	4-3	4-4
		KNL_2	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2	4-3	4-4
		KNL_1	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2	4-3	4-4
		KF30	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2		
		KF30C	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2		
	4	KF120	3-1	3-1	4-1	4-1	4-2	4-3	4-1	4-2	4-3	4-4	4-4	4-2	4-3	4-4
		KF90	3-1	3-1	4-2	4-2	4-2	4-3	4-1	4-2	4-3	4-4	4-4	4-2	4-3	4-4
		KF60	3-1	3-1	4-2	4-2	4-2	4-3	4-1	4-2	4-4	4-4	4-4	4-2		

8kg One hand

Lower-limb posture			Upper-limb posture 1		2				3					4		
			B0-S0-E45	B0-S0-E90	B0-S45-E0	B0-S45-E90	B0-S45-E45	B45-S45-E0	B0-S90-E90	B0-S90-E45	B45-S45-E45	B45-S90-E0	B45-S90-E45	B0-S125-E0	B90-S90-E0	B90-S90-E45
	1	STD	1-2	1-2	2-1	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3	3-3	3-3	3-2	3-3	3-3
		SC40	1-3	1-3	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	3-2	3-3	3-4
		SC20	1-3	1-3	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	3-2		
		SF_CRS	1-3	1-3	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	3-2		
	2	SC0	2-1	2-1	2-2	2-2	2-2		3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	4-2		
	3	KF150	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3	3-3	3-3	4-2	4-3	4-4
		KNL_2	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2	4-4	4-4
		KNL_1	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2	4-4	4-4
		KF30	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	4-2		
		KF30C	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	4-2		
	4	KF120	3-1	3-1	4-2	4-2	4-2	4-3	4-1	4-2	4-3	4-4	4-4	4-2	4-3	4-4
		KF90	3-1	3-1	4-2	4-2	4-2	4-3	4-1	4-2	4-3	4-4	4-4	4-2	4-3	4-4
		KF60	3-1	3-1	4-2	4-2	4-2	4-3	4-2	4-2	4-4	4-4	4-4	4-2		

10kg Two hand

Lower-limb posture			Upper-limb posture 1		2				3					4		
			B0-S0-E45	B0-S0-E90	B0-S45-E0	B0-S45-E90	B0-S45-E45	B45-S45-E0	B0-S90-E90	B0-S90-E45	B45-S45-E45	B45-S90-E0	B45-S90-E45	B0-S125-E0	B90-S90-E0	B90-S90-E45
	1	STD	1-2	1-2	2-2	2-2	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3	3-3	3-3	3-2	3-3	3-3
		SC40	1-2	1-3	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	3-2	3-3	3-4
		SC20	1-3	1-3	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	3-2		
		SF_CRS	1-3	1-3	2-2	2-2	2-3	2-3	3-2	3-3	3-4	3-4	3-4	3-2		
	2	SC0	2-1	2-2	2-2	2-2	2-2		3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	4-2		
	3	KF150	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-1	3-2	3-3	3-3	3-4	4-2	4-3	4-4
		KNL_2	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2	4-4	4-4
		KNL_1	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	4-2	4-4	4-4
		KF30	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	4-2		
		KF30C	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	4-2		
	4	KF120	3-1	3-1	4-2	4-2	4-2	4-3	4-1	4-2	4-3	4-4	4-4	4-2	4-3	4-4
		KF90	3-1	3-1	4-2	4-2	4-2	4-3	4-1	4-2	4-4	4-4	4-4	4-2	4-4	4-4
		KF60	3-1	3-1	4-2	4-2	4-2	4-3	4-2	4-2	4-4	4-4	4-4	4-2		

10kg One hand

Lower-limb posture			Upper-limb posture 1		2				3					4		
			B0-S0-E45	B0-S0-E90	B0-S45-E0	B0-S45-E90	B0-S45-E45	B45-S45-E0	B0-S90-E90	B0-S90-E45	B45-S45-E45	B45-S90-E0	B45-S90-E45	B0-S125-E0	B90-S90-E0	B90-S90-E45
	1	STD	1-2	1-2	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-3	3-3	3-4	3-2	3-3	3-3
		SC40	1-3	1-3	2-2	2-2	2-2	2-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	3-2	3-3	3-4
		SC20	1-3	1-3	2-2	2-2	2-3	2-3	3-2	3-3	3-4	3-4	3-4	3-3		
		SF_CRS	1-3	1-3	2-2	2-2	2-3	2-3	3-2	3-3	3-4	3-4	3-4	3-3		
	2	SC0	2-1	2-2	2-2	2-2	2-3		3-2	3-3	3-4	3-4	3-4	4-3		
	3	KF150	3-1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-3	3-4	3-4	4-2	4-3	4-4
		KNL_2	3-1	3-2	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	4-2	4-4	4-4
		KNL_1	3-1	3-2	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	4-2	4-4	4-4
		KF30	3-1	3-2	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	4-2		
		KF30C	3-1	3-2	3-2	3-2	3-2	3-3	3-2	3-2	3-4	3-4	3-4	4-2		
	4	KF120	3-1	3-1	4-2	4-2	4-2	4-3	4-2	4-2	4-3	4-4	4-4	4-2	4-4	4-4
		KF90	3-1	3-1	4-2	4-2	4-2	4-3	4-2	4-2	4-4	4-4	4-4	4-2	4-4	4-4
		KF60	3-1	3-2	4-2	4-2	4-2	4-3	4-2	4-2	4-4	4-4	4-4	4-2		