Title : Development of Fruit Harvest Basket and Assessment of its Effectiveness

Author
Cheol Min Lim, Hye Seon Chae, Min Tae Seo, Kyung Suk Lee, Hyo Cher Kim, Kyung Ran Kim, Sung Woo Kim

National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon, 441-707

ABSTRACT

Objective: The purpose of this study is to develop products that prevent muscular skeletal disease of farm workers, which would bring improvement for an efficient harvesting work.

Background: A pretest for product development and a survey research was carried out to inspect the problems of current harvesting work procedure. The product was developed and assessed based on ideas to supplement and improve these weak points.

Method: A total of twenty men were recruited to evaluate the effects of harvest baskets on the upper-limb muscle activities, working hours. For the usability evaluation, electromyogram and working hours of previous working method(disuse of harvest basket , one-hand carriage of the basket) and new working method with the usage of newly-developed harvest basket was examined. The whole anterior deltoid, biceps brachii and erector spinae on both sides, which makes a total of six muscle parts, were used for this experiment. The results were analyzed using ANOVA with muscle activity(%MVC) of each three forms of work and required work time from SPSS 18.0.

Results: According to the test result, all muscles did not demonstrate any statistically significant difference, with an exception of the backbone erector(right). The muscle activity of backbone erector(right) in the work method that uses harvest basket was detected to be approximately 23% less than that of the previous working method. Moreover, compared to the previous working method, the required work time decreased to a statistically significant degree.

Conclusion: As such, the decrease in the amount of waist muscle usage at harvesting work would enable the prevention of muscular skeletal disease and stabilization of lumbar spine.

Application: Which in turn would increase the effectiveness and reduce personnel expense(labor costs) while enhancing productivity with a decreased working hours.

Keywords

Health, Elderly Farmer, Stress, Musculoskeletal disorders

1. Introduction

농업인의 근골격계질환 자각증상 호소율은 비농업인에 비해 2.4배 높은 수준이며(Kim and Choi, 2005), 농업인의 고령화와 농업노동 인구 감소, 호당 경지면적의 증가 추세로 농업인의 근골격계질환에 대한 문제는 더욱 심각해질 가능성이 있다. 작업으로 인한 근로자의 근골격계질환 발생 문제의 심각성을 깨닫고 산업안전보건법에 근골격계질환 예방 의무 조항이 신설되고, 근골격계질환 부담 작업 유해요인조사 지침(KOSHA Code H-30)과 사업장 근골격계질환 예방관리 프로그램 지침(KOSHA Code H-31)이 공표되었지만, 아직 농업인들에게 적용하기엔 부족함이 있는 현실이다.

과수는 논벼, 채소 다음으로 우리나라 농업인이 많이 재배하는 작목으로 종사농가는 계속 증가 추세를 보이고 있다(Statistics Korea, 2013). 과수재배 작업 중 적과, 봉지 씌우기, 가지치기, 수확 작업의 대부분은 고개를 젖힌 자세가 지속되고 어깨와 팔의 들림 현상이 반복되는 인간공학적으로 부적절한 자세의 지속이 많다. 또한 무거운 수확물 운반을 위해 잦은 허리 굽힘과 무리한 힘을 사용하여 상지 및 요추부에 대한 근골격계질환 발생의 위험성이 높다. 위치가 높은 곳의 작업 편의를 위해 사다리를 이용하기도 하는데 추락 등의 안전사고의 위험과 작업효율성의 문제가 동반되기도 한다.

사과 등 나무열매 수확작업은 무리한 작업자세로 인해 요추부에 심한 스트레스를 받게 되며, 사다리를 이용한 수확작업에서 수확 바구니를 짊어지는 것으로 인해 어깨에 정적 압축 하중이 발생한다(Fulmer et al., 2002). 들기 작업으로 인해 발생한 요통은 예방의학 차원에서 직업병으로 다루어지고 있으며, 작업자의 건강 및 안전에 관한 주요한 사항으로 여겨지고 있다. 또한 높은 작업위치로 인한 어깨 각도가 증가할수록 어깨 근육의 근전도와 불편도 역시 증가하며(Lim et al., 2011), 중량물이 무거워질수록 남자보다 여자에게서 상지 근육량의 변화가 높게 나타나고, 편중된 근사용으로 인한 상해유발 및 국소적인 근피로 가능성이 높은 것으로 보고되고 있다(Seo et al., 1998).

과수 수확작업은 과실을 따서 바구니에 담고 운반하는 과정이며, 현재 우리나라 과수농가의 농업인들은 과실 수확작업에 바구니를 많이 사용하고 있으며, 한쪽 손에 드는 바구니나 한쪽 어깨에 메는 형태의 바구니가 일반적으로 사용되고 있다. 한쪽 손에 바구니를 드는 경우 양손의 사용이 자유롭지 못하고, 수확물이 많이 담긴 경우 작업자의 손과 팔에 피로가 더해진다. 이러한 단점을 보완하기 위해 어깨에 메는 형태의 바구니가 시판되기 시작했는데, 양손이 자유로워 작업 효율이 증가하는 장점이 있는 반면 한쪽 어깨에 부하되는 무게로 어깨의 피로가 가중된다는 단점을 가지고 있다.

작업자에 맞는 최적화된 작업환경 조성은 근골격계질환을 예방하고 보다 효율적인 작업을 수행하는데 있어 반드시 필요하며, 농촌진흥청에서는 농작업 안전모델 시범사업이나 농작업 편이장비 지원 사업을 통해 편이도구 등을 활용한 작업환경 개선을 지원하고 있다. 그러나 다양한 작목과 작업방법들에 적합한 편이장비를 제공하기에는 개발품목이 부족한 실정이다.

본 연구에서는 과수 수확작업 시 인간공학적으로 바른 작업자세의 유지를 돕고 작업의 편리성과 효율성을 고려한 수확바구니를 개발하고자 하였으며, 프로토타입을 제작하여 기존의 작업방식과 비교평가하고자 하였다.

2. Method

2.1 Development of Fruit Harvest

과수 수확바구니 개발을 위해 사과와 배를 재배하는 농가의 농업인 10명을 대상으로 수확작업 시 불편한 사항을 조사하고 개선포인트를 도출하여 수확바구니 개발에 반영하고자 하였다. 수확작업 시 한쪽 어깨에 바구니를 메는 작업이 가장 불편하고, 다음으로 수확바구니의 무게, 손잡이의 그립감 또는 착용감을 불편하다고 응답하였다. 반복적 수확작업을 통해 가장 불편을 느끼는 신체부위는 어깨이며, 다음으로 허리, 팔로 나타났다.

본 연구에서는 수확바구니 사용에 따른 한쪽 어깨의 불편함을 줄이고 작업 편리성을 고려한 수확바구니 디자인을 설계하고 실험을 위한 바구니 시제품을 제작하였다. 개발된 수확바구니는 수확물을 담고 바닥을 개폐할 수 있는 바구니, 바구니 아래 양쪽으로 부착된 허리 벨트, 바구니에 양쪽으로 부착된 어깨 멜빵으로 구성되어 있다. 양손을 사용하여 과수를 따고 착용중인 수확바구니에 담는 방식이며, 바구니 바닥의 개폐방법은 바닥면에 고리가 부착된 끈을 위로 들어 올려 바구니 상단에 걸거나 내리는 방법을 이용할 수 있도록 하였다(figure 1). 이러한 방법으로 양손이 자유로운 상태에서 수확이 가능하며, 바닥면의 개폐구를 통해 한번에 수확물을 꺼낼 수 있다.

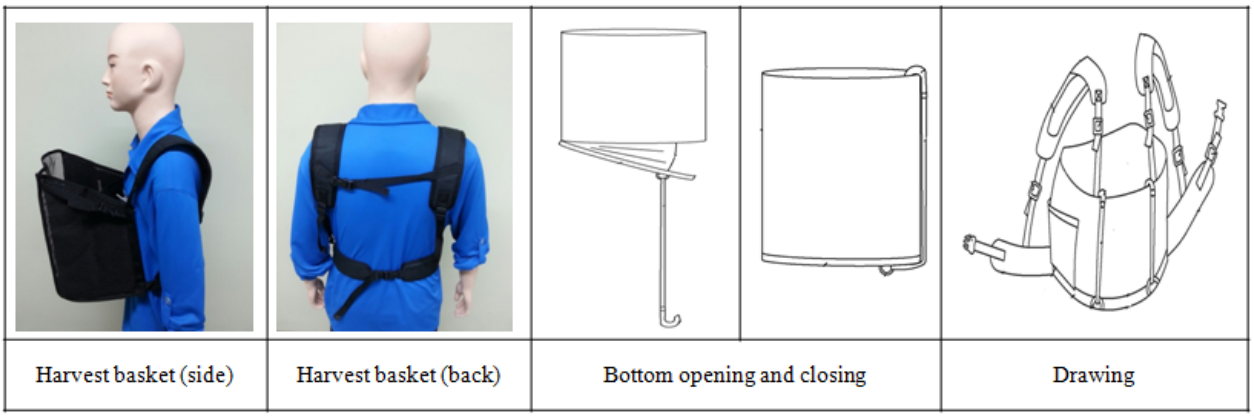

Figure 1. Developed harvest basket

2.2 Participants

실험을 위한 피험자는 현재 근골격계질환의 경험이 없는 20~30대 남성 20명으로 하였다. 실험 전에 실험목적과 절차를 설명하고 자발적 동의를 얻어 실험에 참여하도록 하였다. 피험자의 평균 연령은 28.3±4.23세, 신장 및 몸무게의 평균은 각각 175.62±4.47cm와 72.4±8.34kg 이다.

2.3 Muscle groups

수확작업 시 근육의 근활성도를 측정하기 위해 Noraxon사의 무선근전도 시스템을 사용하였으며, 측정 근육은 팔의 들림과 굽힘을 담당하는 삼각근 전부 좌·우와 이두근 좌·우, 허리의 굽힘을 담당하는 척추세움근 좌·우로 총 6개 근육으로 figure 2와 같다.

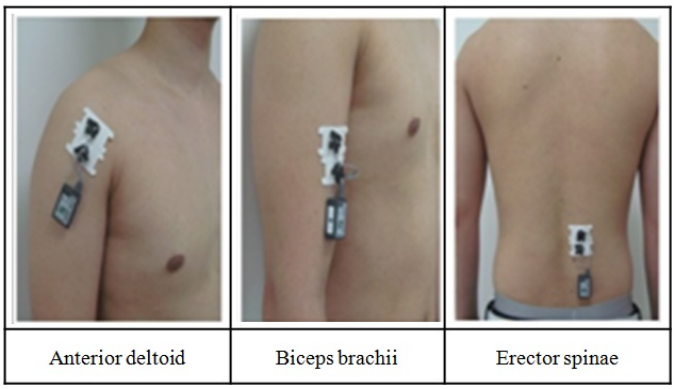

Figure 2. 3muscle groups and electrode position

2.3 Procedures

사과 수확작업에서 기존 수확바구니 사용과 개발 바구니 사용에 따른 근활성도와 작업시간의 차이를 비교평가하기 위해 인위적으로 만든 사과모형 열매를 거치대에 걸어 모의수확작업을 실시하는 방법으로 진행하였다. 모의작업을 3가지 형태(바구니 미사용, 한손 들기 바구니 사용, 개발 바구니 사용)로 구성하였다. 바구니 미사용은 나무에서 2~3개의 과실을 따서 들고 운반용 박스에 옮겨 담는 작업이다. 한손 들기 바구니는 현재 시판되어 농업인들에게 많이 사용되는 형태로서, 위쪽이 개방된 원통형의 바구니에 운반을 위한 반원형의 손잡이가 부착되어 있는 것을 실험에 이용하였다. 한손 들기 바구니 사용은 수확바구니를 한 손으로 들고 과실이 바구니에 모아지면 운반용 박스에 옮겨 담는 작업이다. 마지막으로 개발 바구니 사용은 양쪽 어깨에 메는 바구니에 과실이 모아지면 운반용 박스에 옮겨 담는 작업이다. 3가지 형태의 모의 작업 모두 총 10개의 과실(약 10kg)을 수확하여 운반용 박스에 담는 과정으로, 이를 2회 반복하여 총 20개 과실을 운반용 박스에 담는 과정까지를 한 단위의 작업으로 설정하였다. 각 과수간 거리는 약 50cm로 하였고, 수확바구니에서 운반용 박스까지의 거리는 약 2m로 하였다(figure 3). 각 수확작업이 끝나면 실험근육들의 주관적 불편도(5점척도)를 조사하였다.

피험자들은 실험에 참가하기 전에 실험의 목적과 방법에 대한 설명을 듣고 실험에 필요한 인체치수(나이, 몸무게, 키 등)를 측정하였다. 정확한 측정을 위해 근전도 부착위치는 알코올 솜을 사용하여 닦아준 후 면도를 실시하였다. 실험참가자들간의 표준화(%MVC)를 위해 실험 전, 최대, 최소 근전도를 측정하였으며, 작업 간 휴식시간은 10분으로 하였다. 각 작업은 2회 반복으로 총 6번을 실험하였고, 작업순서는 무작위로 하였다.

Figure 3. Process of harvesting

2.4 Data analysis

3가지 다른 형태의 수확바구니 사용에 따른 근활성도와 작업시간의 차이를 알아보기 위해 독립변수는 3가지 작업형태, 종속변수는 각 근육의 %MVC와 작업시간으로 하였다. 측정 값은 작업시간 동안의 평균RMS값을 사용하였으며, 결과분석은 SPSS 18.0을 이용하였다. ANOVA의 다중비교 방법은 Tukey HSD 법을 선택하였다. 통계적 유의수준은 모든 검정에서 $\alpha=0.05$이다.

3. Results

3.1 %MVCs of each works

3가지 작업형태에 대한 평균 %MVC에 대한 분산분석 결과, 척추세움근(우)에서 작업형태별 근활성도가 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 그 외의 근육에서는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p<0.05$). 이는 척추세움근(우)을 제외한 나머지 근육에서 작업 간 근육의 사용에 차이가 없다고 볼 수 있다. 척추세움근(우)의 경우, 개발된 바구니로 작업(16.4%)을 할 때 다른 두 작업(수작업: 38.6; 한손 작업: 36.3%)에 비해 허리 근육 사용이 평균 약 21% 더 낮게 나타났다(table 1). 그림 4와 같이 시간에 따른 %MVC를 비교해 본 결과, 개발바구니 작업은 20%MVC이하의 일정한 패턴을 보이고 있지만, 수작업과 한손 작업은 허리를 굽히는 순간으로 보이는 약 40%MVC를 웃도는 피크(peak)점들이 보이는 차이를 가지고 있다.

Table 1. %MVC of 3muscle groups

Type / Muscle	No basket		One-hand carrige		Developed basket		F-value	P-value
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		
Biceps brachii(R)	13.54	5.69	12.82	4.37	13.27	5.43	0.98	0.907
Biceps brachii(L)	12.47	5.89	6.43	4.38	16.54	2.30	0.757	1.001
Anterior deltoid(R)	35.93	7.71	32.83	2.31	31.41	5.52	0.556	0.577
Anterior deltoid(L)	15.94	3.04	9.23	1.84	11.94	1.54	0.346	1.07
Erector spinae(R)	38.62^{A}	3.82	36.35^{A}	4.62	16.41^{B}	5.24	11.083	0.001
Erector spinae(L)	17.19	6.20	19.11	9.80	15.22	6.38	1.30	0.280

(Alphabetic letters indicate Tukey multiple test results, i.e., same letters are not significantly different)

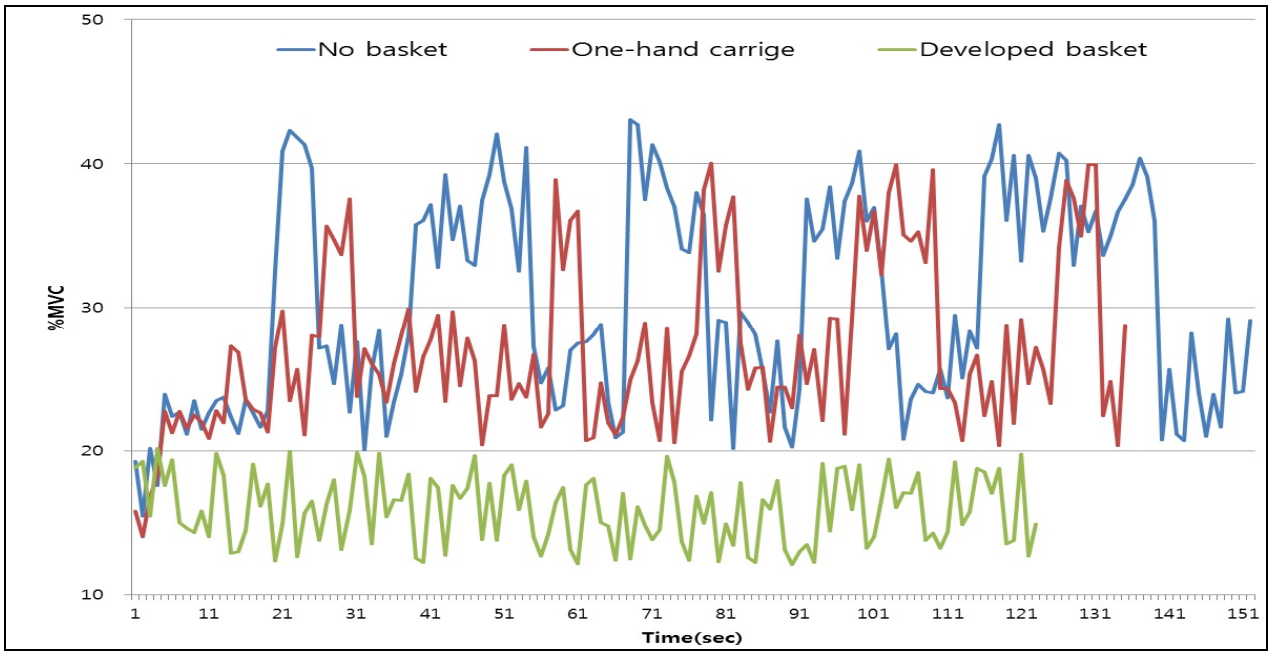

Figure 4. Time of %MVCs for Erector spinae(R)

3.2 Working hours of each works

각 작업 형태에 대한 작업 시간을 통계적으로 분석한 결과 작업형태에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<0.05$). 이는 작업 형태 간 작업 소요시간이 다르다고 할 수 있으며, 그림 3과 같이 개발된 바구니(122.3초)로 작업 시 가장 적은 작업시간이 걸리는 것으로 나타났다(figure 5).

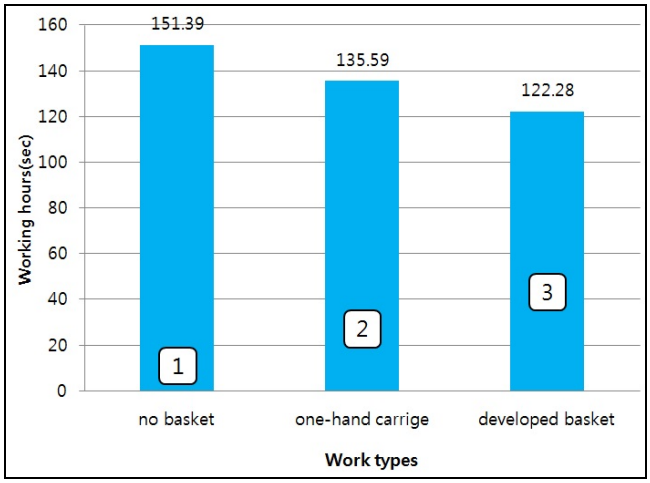

Figure 5. 3muscle groups and electrode position

(Numbers indicate Tukey multiple test results, i.e., same numbers are not significantly different)

3.3 Average subjective discomfort ratings for each harvesting

각 작업형태에 따라 실험참가자들의 주관적 신체 불편도를 조사한 결과, 이두근(좌)과 척추세움근(좌, 우)에서 유의한 차이를 보였다. 이는 작업 형태간 불편함을 느끼는 정도가 다르다는 것을 알 수 있으며, 척추세움근(좌, 우)에서 수작업과 한손 작업은 개발된 바구니 작업 보다 더 많은 불편함을 나타낸 것으로 볼 수 있다(table 2).

Table 2. Average subjective discomfort ratings

Body	No basket	One-hand carrige	Developed basket
Biceps brachii(R)	1.85	2.0	1.9
Biceps brachii(L)	1.35 ^{A}	1.6 $^{A\,B}$	1.85 ^{B}
Anterior deltoid(R)	2.15	2.0	2.4
Anterior deltoid(L)	1.5	1.5	1.5
Erector spinae(R)	3.6 ^{A}	3.35 ^{A}	2.1 ^{B}
Erector spinae(L)	3.0 ^{A}	3.0 ^{A}	1.8 ^{B}

(Alphabetic letters indicate Tukey multiple test results, i.e., same letters are not significantly different)

4. Conclusion

본 연구에서는 바구니를 이용한 과수수확 작업에서 기존의 작업 방식과 개발한 수확바구니를 이용한 작업 방식의 근활성도와 작업시간 차이를 측정하여 분석하였다.

실험결과 수확 형태 별 근활성도는 이두근(좌, 우), 삼각근(좌, 우), 척추세움근(좌)에서 통계적인 차이가 없었지만, 척추세움근(우)에서 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 개발된 수확 바구니를 사용 시 타 작

업에 비해 약 24%의 %MVC 감소 효과를 나타내고 있는데, 이는 실험참가자들의 주력손이 오른손으로써 수확이나 수확물을 담는 과정에서 오른쪽으로 쏠림현상이 일어난 것으로 판단되며, 바구니 미사용과 한손들기 작업은 바닥에 내려놓은 바구니에 수확물을 담기 위해 지속적인 허리 굽힘이 발생하기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 보여진다. 또한 실험참자가들의 주관적 불편도 결과에서 보여지듯이 바구니 미사용 작업과 한손들기 작업은 개발된 바구니 작업보다 허리불편도를 더 많이 느끼는 것으로 볼 수 있다. 나머지 근육에서는 각 실험조건이 과실을 따기 위한 동작과 바구니에 담는 동작이 거의 같은 동선을 요구하기 때문에 근육사용량에서 큰 차이를 보이지 않는 것으로 사료된다.

Calmels and Fayolle-Minon(1996)의 연구 결과에 의하면 허리벨트는 운동역학적 효과(kinetic effect)로 허리 근육의 근활성도를 감소시켜 요추부를 안정화하고, 복부 내 압력을 증가시켜 부상의 위험을 감소시킨다고 밝혔으며, McGill(1999)은 허리벨트의 사용이 척추의 전단력(shear force)의 감소, 복강내압(intra-abdominal pressure: IAP)을 증가시킴으로써 척추의 압박력(compressive force) 감소, 관절가동범위(range of motion: ROM)의 감소, 요추부위에 온기 제공, 척추에 제공된 압력을 통한 고유수용성 감각(propri oception) 강화, 근 피로도 감소 등의 효과를 낼 수 있다고 하였다. 또한 개발된 바구니 작업은 양손이 자유롭고 허리를 굽히는 반복작업이 줄어들기 때문에 타 작업에 비해 작업 시간이 단축되는 것을 알 수 있다. Perkins and Bloswick(1995)는 허리벨트가 허리를 펼 때 요구되는 근육의 힘을 감소시켜 근육의 피로를 덜어주고 이것이 요추에 가해지는 압박력을 감소시키기 때문에 허리손상의 위험으로부터 보호 할 수 있다고 하였고, Lavender et al.(1999)은 물건을 들고 있는 동안 체간 근육의 근활성도에 허리벨트가 미치는 영향을 연구하였는데 허리벨트를 착용하였을 때 척수세움근의 최대 근활성도 값이 허리벨트 착용 전보다 유의하게 감소하였다고 보고했다. Reddell et al.(1992)은 비행장에서 수하물 운반자들을 대상으로 8개월 동안 허리벨트 착용자와 미착용자를 구분하여 허리벨트의 효과를 평가하였는데 허리벨트를 착용했던 작업자들에게서 허리벨트를 제거했을 때 허리손상의 위험이 크게 증가하였다고 보고했다.

이와 관련된 연구로는 Kim and Choi(2002)는 들기 작업 시 요추에 미치는 생리적 반응들인 산소소모량과 심장박동수, EMG-측정값이 작업하중보다도 작업 빈도수에 더 큰 영향을 받는다고 한 것으로 밝혔으며, 적절한 작업하중과 작업 빈도수의 조합에 의한 작업량을 설정한다면, 요통으로 인한 산업재해를 감소시키는데 도움이 된다고 하였다.

위의 연구 결과들로 미루어 볼 때, 본 연구에서 개발된 수확바구니의 허리벨트 사용으로 인해 허리근육의 사용을 줄이는 것으로 볼 수 있다. 또한 다른 수확바구니 작업과 다르게 지속적으로 수확물을 내려놓는 허리의 움직임을 최소화 하고, 허리벨트로 인한 근육의 피로를 덜어줌으로 허리손상을 감소시켜 일의 효율성을 높이는 것으로 판단된다.

본 연구의 활용방안으로 수확 작업 시 상지 및 요추부의 근골격계질환을 예방하고, 작업 시간을 단축하여 인건비와 의료비를 절감하는 효과를 가질 것이며, 편안하고 효율적인 작업을 하는데 도움이 될 것이라 예상한다.

Acknowledgements

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ00842003)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

Calmels, P. and Fayolle-Minon, I., An update on orthotic devices for the lumbar spine based on a review of the literature. *Revue Rhumastisme*(English Ed.). 63(4), 285-291,1996.

Fulmer, S., Punnett, L., Slingerland, D., Tucker, A. and Earle-Richardson, G., Ergonomic exposures in apple harvesting: Preliminary observations, *American Journal of Industrial Medicine Supplement*, 2, 3-9, 2002.

Kim, K.R. and Choi, J.W., Disease, Accident and Health Behavior of in Farmers and Fishermen, *Journal of agricultural Medicine and Community Health,* 30(3), 279-292, 2005.

Lim, C. M., Jung, M. C. and Kong, Y. K., Evaluation of upper-limb body postures based on the effects of back and shoulder flexion angles on subjective discomfort ratings, heart rates and muscle activities. *Ergonomics*, 54(9), 849–857, 2011.

McGill, S., Update on the use of back belts in industry: More data-same conclusions. In Karwowski, W., Marras, W. (eds.), *Occupational Ergonomics Handbook*(pp.1353-1358). Boca Raton (Fla). CRC Press, 1999.

Perkins, M. S. and Bloswick, D. S., The use of back belts to increase intraabdominal pressure as a means of preventing low back injuries: A survey of the literature. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 1, 326-335, 1995.

Reddell, C. R., Congleton, J. J., Huchinson, R. D. and Mongomery, J. F., An evaluation of a weightlifting belt and back injury prevention training class for airline baggage handlers. *Applied Ergonomics*, 23, 319-329, 1992.

Seo, K.W., Yoon, Y.J., Lee, H.S., Jung, M.R., Lee, C.M. and Kim, J.T., The Analysis of EMG on the upper-limb muscles in weight carrying, *Symposium on Alliance for Health Physical Education Recreation and Dance*, 582-588, 1998.

Statistics Korea, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Report 2012, *Statistics Korea*, http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/3/index.board?bmode=read&aSeq=286488 (retrieved november 20, 2013).