

<Manuscript template updated Dec 23, 2013>

Title

A Study on Functional Movement Screen and Automobile Worker's Musculoskeletal Disorders.

Subtitle

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is designed to figure out the level of Functional Movement Screen (FMS) of 122 automobile manufacturing workers and to set the FMS score for predicting risk for musculoskeletal disorders.

Background: Although today's industrial sites have been becoming automated rapidly, the risks of work-related musculoskeletal disorders (WMSDs) have been on the rise. In the case of WMSDs, it is important to care in the early stage. Early detection of WMSDs is very important for the successful treatment. However, the medical examination puts a great financial burden on most workers. To reduce their burden, there is one test to check the musculoskeletal functional condition and to predict the risk of injury, which is called FMS.

Method: This research tested the FMS score of 122 workers at Motor Company, and also conducted a questionnaire survey of individual characteristics and job characteristics.

Results: For the 122 subjects, the average score of FMS is 14.63 ± 2.27 . There is a negative correlation between FMS and their ages and BMI ($p < 0.05$). FMS is higher when exercising regularly ($p < 0.05$). The FMS scores of musculoskeletal disorder patients are lower than those of normal workers ($p < 0.05$). While it is more likely to become a musculoskeletal disorder patient when FMS is less than 14, it is more likely to become a normal worker when more than or equal to 14.

Conclusion: According to the result of FMS test, there is a score difference between individuals with musculoskeletal disorder and normal ones. FMS scores can also predict and identify workers with risk for the musculoskeletal disorders.

Application: According to this study, FMS can be expected to have positive effect on prevention of WMSDs in working sites.

Keywords Functional Movement Screen, FMS, WMSDS,

1. Introduction

현대의 산업현장은 생산기술이 발달함에 따라 빠른 속도로 자동화 되었다. 그럼에도 불구하고 업무를 수행하는 과정에서 근골격계질환의 발병률 및 심각성이 높아지고 있는 추세이다(Yoon and Song, 2006). 작업관련성 근골격계질환(work-related musculoskeletal disorder, WMSDs)은 작업과 관련하여 특정 신체 부위 및 근육의 과도한 사용으로 인해 신체 내부에 미세한 손상이 발생하여 신체에 나타나는 만성적인 건강 장애로 정의한다(Kim and Bae, 2006). 근골격계질환의 발생은 근로자의 활동에 영향을 미쳐 삶의 질 저하, 노동력 손실, 작업의 질 저하, 산재보상 비용의 증가 등 많은 사회적, 경제적 문제를 일으킨다. 이에 국내 제조업 사업장들은 근골격계질환의 예방과 관리를 위해 유해요인조사, 작업환경개선, 의학적 조치, 근골격계질환 예방관리 프로그램 시행 등 다양한 예방활동을 추진하고 있다(Kim, 2012; Kim and Jang, 2010).

근골격계질환의 관리를 위해서는 상황에 대한 평가를 실시하여야 한다. 현재까지의 연구는 주로 작업 자세에 대한 연구와, EMG를 이용하여 부적절한 작업자세에 따른 근육의 부하를 측정하는 연구들이 이루어져 왔다(Kim and Kim, 2012; Kim and Woo, 2011). 또한 다수를 대상으로 위험요인을 평가하는 산업보건의 특성상 점검표를 개발하고 이를 작업장에 활용하는 연구들이 많이 진행되어 왔다(Kim and Hong, 2009; Oh and Jeong, 2005).

근골격계질환은 초기관리가 중요하다. 초기 관리를 위해서는 조기 발견이 중요한데, 의학적인 검사는 경제적으로 부담이 되는 현실이다. 근로자의 근골격계의 기능적 상태를 체크 할 수 있는 도구가 사업장에 비치되어 있기도 하지만, 근력 또는 유연성 등 한가지 능력을 측정할 수 있는 장비가 대부분이라 근골격계질환으로 연관시키기에 어려움이 있다. 근골격계질환이 우려되는 근로자들에 대해서 전반적으로 근골격계질환의 상태를 확인하고 부상의 위험을 예측할 수 있는 도구 및 연구가 부족한 실정이다(Kim and Woo, 2011).

기능적 동작 검사(Functional Movement Screen, FMS)는 7가지 동작으로 구성되어있는 근골격계 상태와 부상의 위험을 예측하는 새로운 도구이며 빠르고, 몸에 손상을 입히지 않으며, 저렴하고, 쉽게 적용할 수 있는 도구이다(Teyhen et al, 2012; Cook et al., 2006). 기본적인 부상의 예방도구로써 FMS의 효율성은 이미 운동선수 와 소방관에 대한 연구에서 증명된바 있다. Kiesel(2007) 등은 FMS를 사용해 미식축구선수들에서 FMS 14점보다 적은 선수가 부상율이 11배 높은 것을 발견했다. 또한 Peate(2007)는 소방관에 대해서 작업관련 부상을 연구한 결과 과거에 부상이 있었던 소방관들에서 낮은 FMS 점수가 나타났고, FMS 점수 증가를 위해 운동을 한 그룹과 통제그룹 사이의 작업관련 부상과 관련하여 12개월 훈련프로그램 이후 12개월 기간 동안 부상의 수는 42% 감소했다고 밝혔다.

FMS는 해외 엘리트 선수들 사이에서 부상위험의 타당한 지표로 증명되었다. 그러나 근로자를 대상으로 한 FMS 관련 연구는 한국뿐만 아니라 외국에서 아직 수행되고 있지 않다. 한국에서 FMS를 이용한 연구는 한국판 기능적 동작 검사에 대한 신뢰도와 타당도 연구, 그리고 펜싱 선수들에서 통증과 수행능력이 기능적 동작 검사에 미치는 영향에 대한 연구가 있다(An and Lee, 2010; Kim et al., 2011).

국내에서 근골격계질환을 관리하기 위한 연구로 작업장에 대한 환경과 작업자세를 평가하는 연구는 활발히 이루어져 왔지만, 근로자의 신체 상태를 평가하는 연구는 부족한 실정이다. 기능적 동작검사를 통해 근로자의 근골격계 상태를 확인해 조기관리를 한다면 우리나라 제조업 근로자들의 근골격계질환 예방 및 관리에 도움이 될 것이다(Yoon and Kim, 2011).

따라서 본 연구에서는 한국 자동차 제조업 근로자의 FMS 점수를 조사하여 개인적 특성 및 작업관련 요

인, 근골격계질환 증상과의 연관성을 파악하고 근골격계질환 증상이 예상되는 FMS 점수를 설정하는 것을 목적으로 하였다.

2. Method

2.1 연구대상

본 연구의 조사대상은 모 자동차 제조업에서 근무하는 작업자로, 연구조사기간은 4 개월 소요되었으며, 사내에 위치한 건강증진센터를 이용하는 근로자 122 명을 대상으로 하였다. 연구 대상자의 평균연령은 37.0 세, 평균 신장은 173.0cm, 평균 체중은 73.4kg, 평균 직무기간은 11.2 년으로 나타났다.

2.2 연구방법

작업자들을 대상으로 본 조사의 배경, 목적, 조사방법 및 내용에 대해서 설명한 후 작업환경 및 개인적인 특성 조사를 위한 설문과 근골격계질환 증상 조사를 위한 설문을 실시하였고, 기능적 동작 검사(FMS)를 실시하였다.

작업관련 요인에 대한 설문은 작업강도, 직무만족도, 작업숙련도, 직군(사무직/생산직)에 대한 내용이 포함되어 있으며 개인적 특성에는 연령, 체질량지수, 음주 및 흡연 여부, 평소 운동량에 대한 내용이 포함되어 있다. 근골격계질환 증상에 대한 설문은 안전보건공단에서 제공하는 설문지를 기초로 사용하였으며 지난 1 년간의 목, 어깨, 팔/팔꿈치, 손/손목, 허리, 다리/발에 통증이나 쑤심, 저림 등의 불편한 증상을 느낀 적이 있는 지를 파악한 다음 그에 따라 증상의 지속기간, 증상의 발생빈도, 증상의 수준을 조사하였다. 유병율에 대한 평가기준은 NIOSH(National Institute of Occupational Safety & Health)의 신체부위 평가기준을 근거로 관리대상자(요주의자 및 유소견자)를 결정하였다.

FMS 의 7 가지 동작(Figure 1)은 ①딥스쿼트(Dep Squat), ②허들 스텝(Hurdle Step), ③인라인 런지(Inline Lunge), ④어깨 가동성(Shoulder Mobility), ⑤능동 하지직거상(Active Straight Leg Raise), ⑥체간안정성 푸시업(Trunk Stability Push Up), ⑦회전 안정성(Rotatory stability)으로 구성되어 있다(Cook, 2010). 각 검사의 결과는 0~3 점이 부여되며 3 점은 완벽한 동작을 수행하는 경우, 2 점은 보상작용으로 동작이 가능한 경우, 1 점은 동작이 불가능한 경우, 0 점은 검사 중 통증이 있는 경우를 말한다. 좌, 우측 모두 실시하는 경우는 적게 나온 점수를 기록하였다.

대상자의 특성과 FMS 점수와의 관계를 알아보기 위하여 상관분석을 실시하였으며, 운동량에 따른 차이를 알아보기 위하여 일원분산분석(ANOVA)를 실시하였다. 또한 근골격계질환 예측하기 위한 FMS 점수를 ROC(Receiver Operating Characteristic) curve 를 사용하여 결정하였다. 모든 데이터의 통계분석은 SPSS PASW 18 프로그램을 사용하였다.



Figure 1. FMS seven movement tests and test tools

3. Results

3.1 연구대상자의 FMS점수의 분포

연구대상자의 기능적 동작 검사(FMS)의 평균 점수는 14.6점으로 나타났다. 최대값은 20점이었으며, 최소값은 8점이었다. 중앙값은 15점 이었으며 최빈값은 15점이 28명으로 가장 많았다. FMS 점수의 분포는 Figure 2 과 같다.

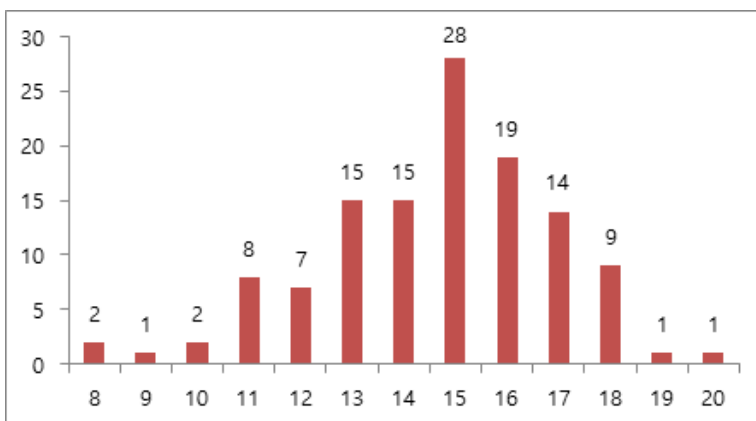


Figure 2. Distribution of FMS scores

3.2 FMS와 연령, 체질량지수와와의 관계

연구 대상자의 연령, 체질량지수(Body Mass Index, BMI), 근무연수와 FMS 점수간의 관계를 파악하기 위해

Pearson의 상관관계분석을 시도하였다. Table 1과 같이 FMS 점수는 연령($r=-.169$, $P=.031$) 및 BMI($r=-.167$, $P=.033$)와 유의한 음의 상관관계를 보였다. 따라서 연령 및 체질량 지수가 높을수록 FMS점수는 낮아지는 것으로 나타났다. 그러나 연구 대상자의 직무만족도, 노동강도, 작업속련도, 직군별 FMS 점수는 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 1. Correlation between age, BMI, working career and WMSDs.

	r	P
Age	-.169	.031*
Body mass index(BMI)	-.167	.033*

* $p<.05$

3.3 음주, 흡연, 운동량에 따른 FMS 점수 차이

설문에서 음주 및 흡연의 정도, 운동량은 빈도별로 세그룹으로 나누었다. 그룹간 FMS 점수차이를 확인하기 위하여 일원분산분석(ANOVA)를 시행하였다.

음주 및 흡연량에 따른 FMS점수의 차이는 없었다. 하지만 운동량에 따른 FMS 점수의 차이를 보면, 규칙적으로 운동을 하는 집단의 FMS 점수의 평균은 15.05 ± 2.20 , 불규칙적으로 운동을 하는 집단의 평균은 14.72 ± 2.15 , 운동을 거의 하지 않는 집단의 평균은 13.50 ± 2.56 이다. Table 2에 나타난 것과 같이 세 집단의 평균 차이에 대한 F값이 3.312로 $p<0.05$ 수준에서 통계적으로 차이가 있었다. 이러한 차이에 대해 Scheffe 사후검정을 한 결과 운동을 규칙적으로 한 집단과 거의 하지 않는 집단에서만 $p<.05$ 수준에서 유의한 차이가 있었다.

Table 2. Difference of FMS Scores in exercise

	SS	DF	MS	F	P
Between Group	33.237	2	16.618	3.312	.040*
Within Group	597.165	119	5.018		
Total	630.402	121			

* $p<.05$

3.7 근골격계질환 증상별 FMS점수 차이

근골격계질환 증상에 따른 판정결과에 따라 정상자, 요주의자, 유소견자 세 그룹으로 나누었다. 정상자 집단의 FMS 점수의 평균은 15.21 ± 1.87 , 요주의자 집단의 평균은 11.67 ± 2.42 , 유소견자 집단의 평균은 12.83 ± 2.12 이었고, Table 3에서 나타나는 것과 같이 세 집단의 평균 차이에 대한 F값이 23.332로 $p<0.05$ 수준에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 차이에 대해 Scheffe 사후검정을 한 결과 정상자 집단과 요주의자 집단 ($p=.000$), 정상자 집단과 유소견자 집단($p=.001$) 사이에서 $p<0.001$ 수준에서 유의한 차이가 있었다.

Table 3. Difference of FMS Scores in WMSDs

	SS	DF	MS	F	P
Between Group	177.568	2	88.784	23.332	.000*
Within Group	452.833	119	3.085		
Total	630.402	121			

3.7 근골격계질환 증상 예측을 위한 FMS점수 설정

근골격계질환을 예측하기 위한 FMS의 점수의 절단값(cut-off value)를 판단하기 위해 ROC(Receiver-Operating characteristic) 곡선을 사용하였다. ROC 곡선은 추정된 모형의 성능을 민감도와 특이도에 의해 판단하고자 하는 곡선이다. 곡선하 면적(Area under the curve, AUC)이 .841로 비교적 정확한 검사로 나타났으며, $P=.000$ 으로 예측에 유용한 검사로 나타났다. 곡선아래 면적의 일반적인 기준은 완벽한 검사 ($AUC=1$), 매우 정확한 검사($0.9 < AUC < 1$), 중등도의 정확한 검사($0.7 < AUC \leq 0.9$), 덜 정확한 검사($0.5 < AUC \leq 0.7$), 0.5이하는 비 정보적인 검사이다(Song, 2009; Greiner et al, 2000). Figure2의 그래프 곡선의 좌측 상단에 가까울수록 정확한 검사법으로 해석할 수 있는데, 본 연구에서는 민감도가 더 높은 13.5를 기준 점수로 결정하였다. 이를 바탕으로 FMS점수가 0점부터 13점에 이르는 근로자를 근골격계질환 증상 위험군으로 분류할 수 있고, 14점 이상의 점수는 정상군으로 분류할 수 있다.

14점을 기준으로 분류한 결과 FMS 점수가 14점 이상인 대상자는 122명 중 87명(71.3%) 이었고, 그 중 관리대상자(요주의자 및 유소견자)는 7명 이었으며 정상자는 80명 이었다. 대상자중 14점 미만인 대상자는 35명(28.7%)이었고, 그 중 관리대상자는 17명이었으며 정상자는 18명 이었다.

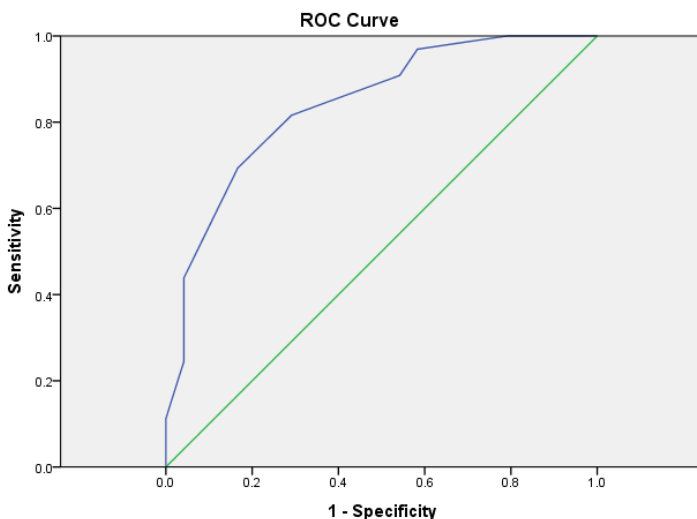


Figure 2. ROC curve for prediction of musculoskeletal disorders

Table 4. Coordinates of the Curve

FMS	Sensitivity	1-specificity
10.5000	1.000	.792
11.5000	.969	.583
12.5000	.908	.542
13.5000	.816	.292
14.5000	.694	.167
15.5000	.439	.042
16.5000	.245	.042
17.5000	.112	.000

4. Conclusion

본 연구는 자동차 제조업에 근무하는 근로자 122명을 대상으로 기능적 동작 검사(FMS)와 일반적인 특성(나이, 체질량지수, 음주, 흡연, 운동) 및 작업관련 상황(직군, 직무만족도, 노동강도, 작업속련도) 사이에 관계를 알아보고 근골격계질환의 위험을 예측하기 위한 점수를 설정하고자 하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 연구 대상자 122명의 FMS 의 평균 점수는 14.63 ± 2.27 이었으며 대상자의 연령과 체질량지수가 높을수록 FMS 점수는 낮았고, 운동을 규칙적으로 많이 한 그룹에서 FMS 점수가 높았다.
- 2) 근골격계질환 관리대상자(유소견자 및 요주의자)는 정상자 보다 FMS 점수가 낮았다.
- 3) FMS 점수가 14점 미만일 때 근골격계질환 증상에 대한 결과 관리대상자일 가능성이 높았다.

FMS 점수에 대한 결과를 살펴보면 본 연구에서 밝혀진 14.63 ± 2.27 의 평균점수는 18세부터 40세의 일반인 209명을 대상으로 한 Scheneiders(2011)의 연구와, 20세에서 39세 성인 남성을 대상으로 연구한 Perry(2013)의 연구 결과와 유사하였다. 미식축구선수를 대상으로 한 Kiesel(2007)의 연구에서는 평균점수를 16.9라고 밝혔는데 이는 본 연구에서 밝혀진 평균점수보다 높지만 신체능력이 뛰어난 운동선수들을 대상으로 하였기 때문에 생각된다.

본 연구에서 나타난 연령과 체질량 지수가 높을수록 FMS 점수가 낮다는 결론은 Perry 와 Koehle(2013)의 20대부터 60대까지의 622명의 캐나다인을 대상으로 한 연구와 Duncan 과 Stanley(2012)의 영국 초등학교 학생 58명을 대상으로 한 연구와 일치함을 보였다. 이 결과는 신체활동량을 많이 하고, 비만지수가 낮아진다면 FMS 점수는 높아질 수 있다는 것을 시사한다.

소방관을 대상으로 한 Peate(2007)의 연구에서 FMS 기준 점수를 16 점 이하로 결정 하였는데, 어떠한 부상이라도 있는 경우에 기준 이하일 확률이 1.68 배 더 높았다고 밝혔다. 또한 O'connor(2011)등은 해군장교지원자를 대상으로 한 연구에서 14 점 이하의 FMS 점수를 받은 지원자는 14 점 초과 점수를 받은 지원자 보다 부상 발생율이 1.5 배 더 높았다고 밝혔다. 또한 부상예측을 위한 FMS 점 14 점 이하로 결정하였다. Kiesel(2007)또한 심각한 손상을 기준으로 14 점 이하의 FMS 기준(cut-off)점수를

설정하였다. 이는 본 연구에서 제시한 근골격계질환 관리대상자 예측을 위한 점수 14 점미만보다 1 점 높은 점수이다. 관리대상자를 미리 예측해 근골격계질환 증상이 나타나지 않도록 관리를 하기 위한 FMS의 필요성을 생각해 볼 때 좀 더 낮은 점수를 설정하는 것이 더 좋은 방법이라 생각된다.

본 연구 결과 근골격계질환 관리대상자와 정상자 사이에서 FMS점수의 차이가 있음을 알 수 있었다. 이를 바탕으로 FMS를 통하여 근골격계질환 관리대상자가 될 근로자를 미리 분류할 수 있다는 것을 확인 할 수 있다. 이를 잘 활용하여 사전검사를 통해 14점미만으로 분류된 근로자들에게 교정운동이나 스트레칭과 같은 근골격계질환 예방을 위한 중재를 제공하거나 교육한다면 근골격계질환 증상이 발생하기 전에 예방을 할 수 있다.

산업안전보건법에 의하면 사업주는 근로자의 건강을 보호·유지하기 위하여 근로자에 대한 건강 진단을 하여야 한다고 정하였다. 1차 검진을 통해 신체계측, 체위검사, 혈압 측정, 시력, 청력 측정, 흉부 방사선 촬영, 요 검사, 혈액 검사, 구강 검진 등을 실시하고 1차 검진결과 고혈압·당뇨질환 의심자에 대하여 2차 건강진단을 실시한다. 근로자의 건강관리를 위하여 건강검진을 하지만, 건강검진의 내용에 근골격계질환 예방을 위한 검진은 없는 실정이다. 건강검진의 항목에 근골격계질환 예방을 위한 검진 항목으로 FMS를 측정 하거나, 직장 내 근골격계질환 예방실을 두어 물리치료사로 하여금 검사를 실시하게 하거나 교정운동을 함께 한다면 근골격계질환 예방에 많은 도움이 될 것이다.

FMS가 국내에서 연구된 사례가 거의 없고 국외에서도 운동선수의 부상에 대한 연구만 주로 이루어져왔다. 따라서 근로자의 작업관련성 근골격계질환 관리를 위한 임상적 적용에 대하여 한계가 있다고 판단된다. 또한 본 연구에서 근골격계질환에 대해 분류한 기준은 근골격계질환을 판단하는 표준검사라고 하기는 어렵다. 본 연구의 결과를 토대로 FMS와 근골격계질환과의 관계에 대한 검증을 위한 노력이 더 필요하고, 이를 잘 활용하여 사업장내 근골격계질환 예방에 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

References

An, S.H., Lee, J.H., Reliability and Validity of the Korean Version of the Functional Movement Screen, *The Journal Korean Society of Physical Therapy*, 22(5), 83-93, 2010.

Cook, G., Movement: functional movement systems: screening, assessment, and corrective strategies, *On Target Publications*, 2010.

Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B., Pre-participation screening: The use of fundamental movements as an assessment of function, *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 1(2), 62-72, 2006.

Duncan, M.J., Stanly M., Functional Movement is negatively associated with weight status and positively associated with physical activity in British primary school children, *Journal of obesity*, 2012. doi: 10.1155/2012/697563

Greiner, M., Pfeiffer, D., Smith, R.D., Principles and practical application of the receiver-operating characteristic analysis for diagnostic tests, *Preventive Veterinary Medicine*, 45(1-2), 23-41, 2000. doi: 10.1016/S0167-5877(00)00115-X

Kiesel, K., Pliskky, P.J., Voight M.L., Can serious injury in professional football be predicted by a preseason functional movement screen?, *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 2(3), 147-158, 2007.

Kim, K.H., Musculoskeletal Disorders Care Reality Analysis, Research-2012-Ra-13, *Korea Labor Welfare Corporation Industrial Accident Compensation Insurance Research Center*, 2012.

Kim, S.Y., Lee, J.H., An, S.H., The Effects of a Functional Movement Screen on Pain and Performance Ability in Professional Fencing Players, *The Journal Korean Society of Physical Therapy*, 23(1), 21-28, 2011.

Kim, Y.C., Bae, C.H., Study of the Relation Between Work-Related Musculoskeletal Disorders and Job Stress in Heavy, *Journal of the Korean Society of Safety*, 21(6), 108-114, 2006.

Kim, Y.C., Kim, D.S., Development of a New Method for Whole-Body Working Postures: K-OWAS, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 31(1), 165-170, 2012.

Kim, Y.C., Jang, S.R., A Study of the Implementation of the Ergonomics Program in a Shipbuilding Company, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(4), 487-493, 2010.

Kim, Y.C., Hong, C.W., The Evaluation of Workload on Lower Limbs Muscles in Imbalanced Lower Limbs Postures Using EMG for Preventing WMSDs, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 28(3), 81-85, 2009. doi: 10.5143/JESK.2009.28.3.081

Kim, Y.C., Woo, D.P., Prevention of work-related musculoskeletal disorders in the manufacturing, *Dasom Publisher*, 2011.

O'connor, F.G., Deuster P.A., Davis, L., Pappas, C.G., Knapik, J.J., Function Movement Screening: Predicting injuries in officer candidates, *Medicine & science in sports & exercise*, 43(12), 2224-2230, 2011. doi: 10.1249/MSS.0b013e318223522d

Oh, S.Y., Jeong, B.Y., Risk Factor Analysis and Ergonomics Improvements in a Shipbuilding Industry, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 24(1), 27-35, 2005.

Perry, F.T., Koehle, M.S., Normative data for the functional movement screen in middle-aged adults, *Journal of strength and conditioning research*, 27(2), 458-462, 2013. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182576fa6

Peate, W.F., Bates, G., Lunda, K., Francis, S., Bellamy, K., Core strength: A new model for injury prediction and prevention, *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 2(3), 2007. doi:10.1186/1745-6673-2-3

Schneiders, A.G., Davidsson, Å., Hörman, E., Sulliva, S.J., Functional movement screen normative values in a young, active population, *International Journal of sport physical therapy*, 6(2), 75-82, 2011.

Song, S.W., Using the Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve to Measure Sensitivity and Specificity, *Korean Journal of Family Medicine*, 30(11), 841-842, 2009. doi:10.4082/kjfm.2009.30.11.841

Teyhen, D.S., Shaffer, S.W., Lorenson, C.L., Halfpap, J.P., Donofry, D.F., Walker, M. J., Dugan, J.L., Childs, J.D., The Functional Movement Screen: A Reliability Study, *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy*, 42(6), 530-540, 2012. doi: 10.2519/jospt.2012.3838

Yoon, H.Y., Song, M.J., "Analysis of South Korea and the United States of musculoskeletal disorders in industry", *2006 Fall Conference of Ergonomics Society of Korea*, (pp. 468-472), 2006.

Yoon, H.Y., Kim, E.S., Ergonomic Evaluation of Workload in Imbalanced Lower Limbs Postures, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30(5), 671-681, 2011. doi: 10.5143/JESK.2011.30.5.671