



작업장 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재가 작업 관련성 근골격계 질환의 증상에 미치는 효과: 체계적 문헌고찰 및 메타분석

조정영¹ · 김가은²

계명대학교 간호대학 대학원생 · 영남대학교병원 직업환경의학과 간호사¹, 계명대학교 간호대학 조교수²

Effects of Workplace Risk Assessment-based Ergonomic Intervention on Work-Related Muscular Skeletal Disorders: Systematic Literature Review and Meta-Analysis

Cho, Jung Young¹ · Kim, Gaeun²

¹Graduate Student, College of Nursing, Keimyung University, Daegu
Nurse, Department of Occupational, Environmental Medicine, Yeungnam University of Medical Center, Daegu
²Assistant Professor, College of Nursing, Keimyung University, Daegu, Korea

Purpose: This study aimed to systematically review literature and conduct a meta-analysis to comprehensively identify and evaluate the effects of workplace risk assessment-based ergonomic intervention on work-related muscular-skeletal disorders in workers. **Methods:** We searched the Ovid-Medline, EMBASE, and Cochrane library and up to 2018 using search terms such as muscular-skeletal, disorder, impairment, work-related muscular-skeletal disorders, ergonomic, intervention, management with no language limitations; screened reference lists; and contacted experts in the field. **Results:** We identified 545 references and included 13 randomized controlled tests (3,368 workers). We judged nine studies to have a low risk of bias, while the other four studies have a high risk of bias. **Conclusion:** Ergonomic intervention based on risk assessment in the workplace did not significantly differ in terms of the intensity of pain or duration of workers in the workplace, but low-quality evidence decreased the frequency of musculoskeletal disorder pain in three to six months moderate-quality evidence and in six to nine months low-quality evidence. Besides, low-quality evidence to reduce discomfort and moderate-quality evidence to improve worker posture. Therefore, ergonomic intervention based on the assessment of risk factors in the workplace should be applied to reduce pain frequency and discomfort and improve workers posture among musculoskeletal disorders.

Key Words: Muscular skeletal disorders; Ergonomic interventions; Workplace risk assessment; Meta-analysis

주요어: 작업 관련성 근골격계 질환, 인체공학적 중재, 유해요인조사, 체계적 문헌고찰, 메타분석

Corresponding author: Kim, Gaeun <https://orcid.org/0000-0003-1914-8331>
College of Nursing, Keimyung University, 1095 Dalgubeol-daero, Dalseo-gu, Daegu 42601, Korea.
Tel: +82-53-258-7658, Fax: +82-53-580-3916, E-mail: eun0325@kmu.ac.kr

Received: Sep 17, 2020 | Revised: Oct 19, 2020 | Accepted: Nov 13, 2020

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

1. 연구의 필요성

업무상 질환이란 업무수행 과정에서 근로자의 건강에 장해를 일으킬 수 있는 요인을 취급하거나 그에 노출되어 발생한 질병, 업무상 부상이 원인이 되어 발생한 재해성 질병, 특정 직업에 종사하는 동안 불가피하게 발생하는 직업성 질병, 업무적 요인(작업자세, 시간 등)과 비업무적 요인(고혈압, 당뇨 등)에 의한 작업 관련성 질환을 말한다(Industrial Accident Compensation Insurance Act, 2019). 작업 관련성 질환 중 가장 흔한 근골격계 질환은 업무상 반복되는 동작, 부적절한 작업자세, 무리한 힘의 사용으로 목, 어깨, 팔, 허리, 다리 등에 이상 감각 혹은 통증이 나타나는 질병으로(Kim et al., 2013; Ministry of Employment and Labor [MOEL], 2019), 조기 발견 및 치료가 늦어지면 근로자의 신체활동이나 노동력 감소, 작업의 질 저하, 산재보상에 따른 비용증가 등의 문제를 초래하게 된다(Oh, 2011; Bang et al., 2011). 작업 관련성 근골격계 질환은 운동, 흡연, 음주 등의 개인적 요인에도 기인되지만 작업자세, 과도한 힘의 사용, 반복작업 등 인체공학적인 요인에 의해 유발되는 경우가 많으므로 이를 예방하기 위해서는 작업장의 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재가 적용되어야 한다(Jeong, 2010; Kang et al., 2014).

국내에서는 2003년 7월 산업안전보건법이 개정되면서 작업장과 근로자를 대상으로 근골격계 유해요인조사, 작업환경개선, 예방교육 등 작업 관련성 질환의 예방을 위해 유해요인을 감소시키려는 노력이 있어왔다. 그럼에도 불구하고 작업 관련성 근골격계 질환의 발생은 꾸준히 증가하고 있다(Bureau of Labor Statistics U.S. Department of Labor, 2019; Kim et al., 2013; MOEL, 2019). 이는 작업환경의 상황이나 조건 등 근골격계 질환의 유해요인에 대한 확인 없이 중재를 일괄적으로 적용하거나 유해요인조사에 대한 후속조치가 이루어지지 못했기 때문으로 사료된다(Jeong, 2010; Ko et al., 2013; Korean Industrial Health Association, 2007; Korea Occupational Safety and Health Agency [KOSHA], 2014). 유해요인조사에 기반한 중재 프로그램의 효과를 검토한 국내연구는 없으며, 국외연구에서는 연구마다 상이한 결론을 제시하고 있다. 작업자세와 작업환경변화 등 인체공학적 중재가 근골격계 질환이나 증상에 유의한 효과가 있다고 제시한 연구(Boocock et al., 2007; Brisson, Montreuil & Punnett, 1999; Esmaeilzadeh, Ozcan, & Capan, 2014; Gatty, 2004; Laestadius et

al., 2009)가 있는 반면, 작업자세와 작업환경의 개선이 근골격계 질환이나 증상에 유의한 효과가 없다고 제시한 연구(Driessen et al., 2011; Gerr et al., 2005; Mehrparvar et al., 2014; Haukka et al., 2008; Ratzon, Bar-Niv, & Froom, 2016; Rivilis et al., 2008)도 다수 존재한다. 또한, 인체공학적 중재가 작업장 위험요인을 개선하는데에는 긍정적인 영향을 미쳤으나 근로자의 부상이나 근골격계 질환의 증상을 감소시키기에는 충분한 근거가 없다고 보고된 연구결과도 있어(Maher, 2000; Robson et al., 2010; Leyshon et al., 2010) 기존의 연구 결과를 작업장 근로자에 적용하기에는 한계가 있다.

이런 상황에서 작업장 근로자의 근골격계 질환 증상 관리 및 예방을 위한 효과적인 중재를 위해서는 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재의 효과에 대해 체계적이며 통합적으로 검토하는 것이 필요하다. 이에 본 연구에서는 작업장 근로자를 대상으로 작업장의 유해환경조사를 기반으로 한 근골격계 질환 중재 프로그램의 효과를 통합적으로 검토함으로써 작업 관련성 근골격계 질환 발생의 예방 및 관리를 위한 실제적인 근거자료를 제공하고자 하였다.

2. 연구목적

본 연구의 목적은 작업장 근로자를 대상으로 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재가 근골격계 질환의 증상에 미치는 효과에 대해 체계적으로 고찰하여 통합적인 효과를 검증하는데 있다.

연구방법

1. 연구설계

본 연구는 작업장 근로자를 대상으로 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재가 근골격계 질환의 증상에 미치는 효과를 검토하기 위해 수행된 체계적 문헌고찰 및 메타분석 연구로 Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis [PRISMA] 보고지침에 따라 수행되었다(Liberati et al., 2009).

2. 문헌검색 및 선택/배제 기준

문헌검색은 MEDLINE, EMBASE, Cochrane library 와 DBpia, NDSL, RISS, KISS의 전자 데이터베이스를 통해

MeSH어, Emtree 등과((muscular skeletal AND (disorder* OR impairment*)) OR work-related muscular skeletal disorders) AND (ergonomic AND (intervention* OR management*))의 검색어를 조합하여 2018년 12월까지 검색하였다. 문헌의 선택기준은 (1) 작업장의 근로자를 대상으로 한 연구, (2) 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재를 적용한 연구, (3) 대조군과 비교된 연구, (4) 결과 변수로 통증(강도, 지속시간, 빈도), 불편감, 병가일, 작업자세의 변화, 생산성 중 하나라도 포함된 연구로 하였다. 문헌의 배제기준은 (1) 무작위 대조군 임상실험연구가 아닌 연구, (2) 연구의 초록만 제시되거나 미출간된 연구로 하였다.

3. 문헌의 질 평가

분석에 포함된 문헌들의 질 평가는 코크란 연합(The Cochrane Bias Method Group)이 개발한 비뚤림 위험 평가 도구(The Cochrane's Risk of Bias)를 사용하였다. 무작위 배정, 배정순서 은폐, 결과 평가자에 대한 맹검, 연구자 또는 조사자에 대한 맹검, 불완전한 결과자료 보고, 선택적 결과 보고 등 6 문항에 대하여 평가하였으며 비뚤림 위험이 낮음(-), 불확실(?), 높음(+)으로 평가하였다. 평가는 두 명의 연구자가 각각 수행하였고, 이견이 있는 경우 논의하여 합의하는 과정을 거쳤다.

4. 자료추출 및 분석방법

분석에 포함된 연구는 저자명, 출판연도, 연구대상, 대상자 수, 유해요인조사와 인체공학적 중재의 내용과 방법, 추후 관찰기간과 주요 결과변수인 통증(발생 빈도, 강도, 지속시간), 불편감, 병가일, 작업자세, 생산성 등의 통계수치에 대해 자료를 추출하였고, 두 명의 연구자가 독립적으로 추출한 후 합의하는 과정을 거쳤다.

유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재의 효과에 대한 통합적인 효과크기 분석은 Cochrane Review Manager software [RevMan 5.3.3]와 Comprehensive Meta Analysis (CMA)을 사용하였다. 연구결과에 대한 통합적인 추정치는 변수에 따라 표준화된 평균효과크기(Standardized Mean Difference, SMD)나 상대위험도(Odds Ratio, OR), 교정된 평균효과크기인 Hedges' g로 통합하여 산출하였으며, 95% 신뢰수준(Confidence Intervals, CI)을 계산하였다(Higgins, Thompson, Deeks & Altman, 2003). 포함된 연구들의 동질성 여부는 Higgins I² statistic, 숲그림(forest plot)을 통하여 확인하였다. 효과크기는 각 연구의

표본을 동일한 모집단으로 가정하여 각 모수의 변화량은 연구 내 변화량에 의해서만 설명을 하는 고정효과모형(Fixed effects model)을 적용하였다. 전체 연구결과의 타당성을 평가하기 위한 출판비뚤림 위험(publication bias)은 깔때기 그림으로 확인하였고, 연구결과의 강건함(robustness)을 조사하기 위해 민감도분석을 수행하였다.

연구결과

문헌 검색결과 총 545편의 문헌이 검색되었으며, 중복문헌(114편) 제거 후 문헌의 제목을 통해 1차적으로 선정기준에 적합하지 않은 연구 247편을 배제하였고, 2차적으로 문헌의 초록과 전문을 통해 작업장 근로자를 대상으로 하지 않은 연구(99편), 유해요인조사 기반의 인체공학적 중재연구가 아닌 경우(11편), 보고자 하는 연구결과가 하나라도 제시되지 않은 연구(3편), 무작위 대조군 실험설계가 아닌 연구(44편), 초록만 제시되거나 미출간 연구(9편), 기타(5편, 동일연구가 중복되어 게재된 경우) 등 선정기준에 적합하지 않은 연구 171편을 배제하여 총 13편(Amir Houshang Mehrparvar, 2014; Arnetz, Sjögren, Rydén, & Meisel, 2003; Baydur, Ergör, Demiral, & Akalın, 2016; Driessen et al., 2011; Esmaeilzadeh, Ozcan, & Capan, 2014; Gatty, 2004; Gerr et al., 2005; Greene, DeJoy, & Olejnik, 2005; Haukka et al., 2008; Ketola et al., 2002; Laestadius et al., 2009; Ratzon, Bar-Niv, & Froom, 2016; Shiri et al., 2011)이 최종분석에 포함되었다(Figure 1).

분석에 포함된 총 13편의 연구 논문의 특성은 다음과 같다(Table 1). 연구가 진행된 국가는 미국 4편, 핀란드 3편, 터키 2편, 그 외에 네덜란드, 스웨덴, 이스라엘, 이란 각 1편이었다. 발표 연도는 2002년부터 2016년까지이며, 2010년 이전 연구는 7편, 2010년 이후는 6편이었다. 연구에 포함된 대상자 수는 3,368명(실험군 1,406명, 대조군 1,962명)으로 50명 이하 연구가 2편(15.38%), 50~100명 3편(7.69%), 100명 이상 8편(61.54%)이었다. 대상자의 중도탈락률은 0%가 3편(23.08%), 20% 이하 7편(53.85%), 20% 이상 3편(23.08%)이었다. 연구대상의 직업은 컴퓨터를 사용하는 사무직이 8편(61.533%), 그 외 조리사 1편(7.69%), 사무직과 현장직 모두 포함한 연구가 3편(23.07%)이었다.

유해요인조사는 체크리스트 형식으로 직업훈련, 작업자세, 작업장 배치, 전신 신체사정, 상지 사정 등에 이루어졌으며, 인체공학적 중재로는 유해요인 개선, 상해 예방, 재활 프로그램 등이 포함되었다. 평균중재시간은 중재 시간이 제시되지

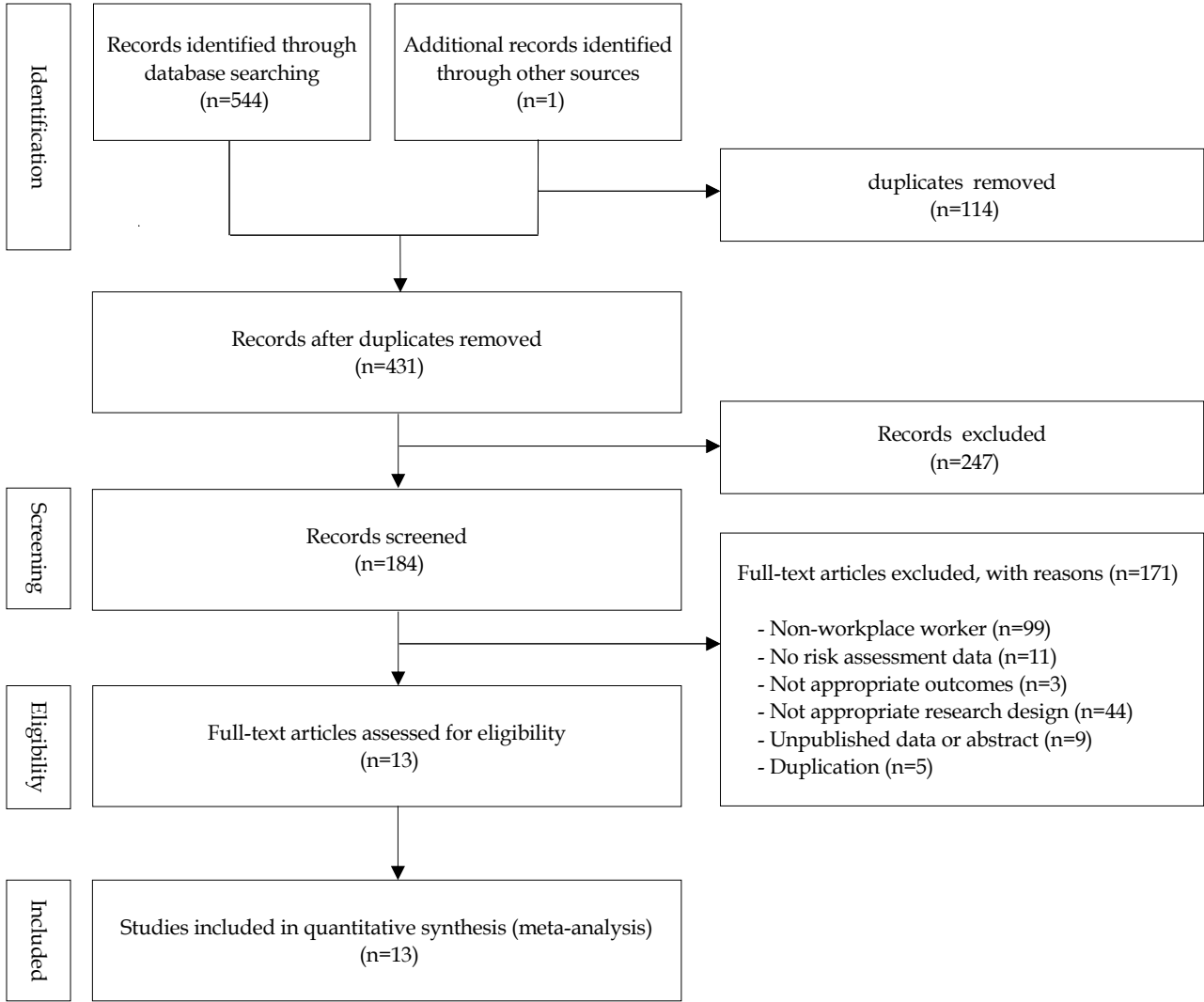


Figure 1. Flowchart of study selection for the systematic review and meta-analysis.

않은 연구(4편)를 제외하고 약 2.56시간이었다. 중재효과를 추후 측정할 시기는 3개월 미만 4편, 3개월에서 6개월 미만 6편, 6개월 4편, 9개월 2편, 10개월 1편, 12개월 4편, 18개월에서 24개월이 1편이었으며, 각 추후 관리기간에 따라 제시된 결과는 자료마다 개별연구와 같이 처리하여 분석에 포함하였다.

근골격계 증상은 13편 모두에서 근골격계 질환의 증상에 대한 설문지로 조사되었는데, 북유럽 근골격계 증상설문지(Nordic Muscular skeletal Questionnaire, NMQ)와 이를 수정한 설문지가 4편, 그 외 미국산업안전보건협회(NIOSH)의 설문지, 네덜란드의 설문지(Dutch MSK Questionnaire, DMQ), 캐나다 산업보건안전센터와 미국정형외과학회의 Quick DASH (Quick Disabilities of the Arm, Shoulder & Hand Score), 노스윅 파크 목통증 설문지(Northwick Park Neck Pain Questionnaire, NNPQ) 등이 사용되었다. 측정 부위는 목, 어깨, 팔, 손목/손,

허리, 다리 등이었으며, 각각의 부위에 따른 결과는 자료마다 개별연구와 같이 처리하여 분석에 포함시켰다.

1. 선택 문헌의 비뮌림 위험 평가 결과

분석대상으로 선정된 13편의 문헌에 대한 비뮌림 위험 평가 결과, 무작위 배정순서 생성에서 비뮌림 위험이 낮은 문헌이 11편(84.64%), 무작위 배정이라고 기술은 하였으나 방법이 구체적으로 제시되지 않아 불확실한 경우 2편(15.38%)이었다. 배정순서 은폐에서는 6편(46.15%)의 문헌에서 비뮌림 위험이 낮았으며, 7편(53.85%)에서 '불확실'로 평가되었다. 참여자, 연구자에 대한 눈가림에서는 6편(46.15%)의 문헌에서 비뮌림 위험이 낮았으며, 3편(23.07%)의 문헌에서 '높음', 4편(23.07%)의 문헌에서 '불확실'로 평가되었다. 결과 평가자에 대한 맹검에

Table 1. Characteristics of the Studies Included in the Systematic Review and Meta-Analysis (N=13)

Author (publish year) ref. no	Publish country	Characteristics of population			Assessment		Intervention			
		Total	Subjects Inclusion criteria	Exclusion criteria	Risk-assess tool	MSDs (range)	Ergonomic contents	Time (hour)	Main outcome	Follow- up (month)
Arnetz (2003) ¹	Sweden	137	Sick worker SDs	- Musculoskeletal disorders not recovered return to work	Interview	Self-reported Q Returning work off sick day	Active intervention with SRH outcomes 1st semi instruct interview & work site visits improvement 2nd adaptation meeting current capacity	NR	Sick days	6,12
Baydur (2016) ²	Turkey	110	Computer worker (> 10 day /month)	- Upper body chronic disease - Pregnancy	Checklist	NPNPQ: 9 items (0~4)	Participatory ergonomic training 1st training Implementation of exercises & relaxation 2nd risk identification & solutions	2.25	Pain	10
Driessen (2011) ³	Nether- lands	3,047	Company worker	- Cumulative sick leave period < 4 weeks - Pregnancy	Checklist	DMQ: (1~4) Pain intensity (0~10) Duration (days)	Participatory ergonomic training 1st ergo coach group meeting 2nd analysis of risk factors 3rd evaluate modify implementation by ergonomic measures	6	Pain	3,6,9,12
Esmailzadeh (2012) ⁴	Turkey	69	Computer worker	- Traumatic injury or surgery history - Neuromuscular, rheumatic or spinal disease - Pregnancy	Checklist	NMQ: Intensity VAS (0~10) Duration (1~5) Frequency (1~6) UEFS (8~80) Sick leave (1~5)	Knowledge and ergonomic implementation 1st teach workstation self-assessment by Q 2nd self recognize risk factors 3rd ergonomics workstation adjustments, evaluation, modify	3	Pain Posture Sick days	6
Gatty (2004) ⁵	USA	15	Computer worker (full time)	- Diagnosed MSD (last 3 month)	Work site analysis	Symptom intensity Q (1~4) Frequency (0~5)	Individualised work injury prevention 1st individual work site analysis 2nd education, workstation redesign, task modification	4	Pain	4
Gerr (2005) ⁶	USA	375	Computer worker (15h/week)	- MSDs in anatomic location - Discomfort of intensity vas (0-10) > 6	Checklist Diary	Dutch MSK Q frequency (1~4)	Individual workstation setting, ergonomic adjustments postural intervention 1st workstation ergonomic assessment and evaluated Q (exposure and symptom diary) 2nd adjustability of specific equipment	NR	Pain	6
Greene (2005) ⁷	USA	87	Computer worker (10 hours/ week)	- Treated health care for cervical or upper extremity disease	Workshop RULA Checklist	NIOSH scale RULA (1~7)	Active ergonomic training 1st workshops skill development in workstation analysis & personal ergonomic assessment (stretching exercise & ergonomic job stress) 2nd workstation modification	6	Pain	12

Contents NR=not report; Q=Questionnaire; NPNPQ=Northwick Park Neck Pain Q; DMQ=Dutch musculoskeletal Q; MSDs=musculoskeletal disorders; NIOSH=National Institute for Occupational Safety & Health; NMQ=Nordic Musculoskeletal Q; NPNPQ=Northwick Park Neck Pain Q; MSDs=musculoskeletal disorders; OSHA=Occupational Safety & Health Administration; REBA=Rapid Entire Body Assessment; RULA=Rapid Upper Limb Assessment; VAS=Visual Analogue Scale; VDI=Visual Display Terminal Syndrome; UEFS=Upper Extremity Function Scale.

Table 1. Characteristics of the Studies Included in the Systematic Review and Meta-Analysis (Continued) (N=13)

Author (publish year) ref. no	Publish country	Characteristics of population			Assessment		Intervention			
		Total	Subjects Inclusion criteria	Exclusion criteria	Risk-assess tool	MSDs (range)	Ergonomic contents	Time (hour)	Main outcome	Follow- up (month)
Haukka (2008) ⁸	Finland	504	Kitchen worker (full time)	- None	Workshop Dialy	Self-reported Q Sick leave (yes/no)	Participatory ergonomic training 1st surveys Q 2nd promoted workshop, seach diary, teach ergonomic function. egonomic changes, relaxation, breaks, modifications	28	Pain Sick days	24
Ketola (2002) ⁹	Finland	109	Computer worker (> 4h/ week)	- None	VDT Checklist Video recording	Self-reported Q Frequency (1~5) NMQ discomfort (1~5)	Intensive ergonomics adjustments 1st worksitelayout environmental conditions 2nd adjustments workplace measurements by video recording	18	Dis- comfort	12
Laestadius (2009) ¹⁰	Finland	1,167	Computer worker	- None	Individual material	NMQ Mean daily discomfort levels (1~5) Pain/ strain (yes; no)	Proactive ergonomics 1st individual workstation assessment (new furniture, educational material) 2nd individual workstation setup	NR	Pain Pro- ductivity decrease	18
Mehrpavar (2014) ¹¹	USA	164	Computer worker (7h morning shift)	- Previous known MSDs - Ergonomic hazards second job	OSHA VDT checklist	Self-report Q NMQ: intensity	Ergonomic Job modifications 1st surveyed ergonomic conditions & equipment arrange 2nd equipment arrangement correct by ergonomic rules	1.00	Pain	1
Ratzon (2016) ¹²	Iran	36	Hospital worker	- Pregnancy - Previous recognized permanent disability	REBA Checklist	Self-report Q REBA Score (1~15)	Personalized ergonomics 1st analysis REBA risk factors for work related MSDs 2nd teach mental stabilizing exercises pain & work situation study, REBA	0.75	Posture	3
Shiri (2011) ¹³	Israel	177	MSDs worker (started < 30 days)	- Surgery plan - Malignancy treated - Fibromyalgia - Pregnancy	Phone discuss	Survey Q (0~10) Self-report mean sick days	Improvements ergonomics adjustments 1st physician phone discuss potential commodations (8~12w) 2nd workplace ergonomic improvements (beneficial recovery MSDs)	NR	Pain Sick days	12

Contents NR=not report; Q=Questionnaire; NPNPQ=Northwick Park Neck Pain Q; DMQ=Dutch musculoskeletal Q; MSDs=musculoskeletal disorders; NIOSH=National Institute for Occupational Safety & Health; NMQ=Nordic Musculoskeletal Q; NPNPQ=Northwick Park Neck Pain Q; MSDs=musculoskeletal disorders; OSHA=Occupational Safety & Health Administration; REBA=Rapid Entire Body Assessment; RULA=Rapid Upper Limb Assessment; VAS=Visual Analogue Scale; VDT=Visual Display Terminal Syndrome; UEFS=Upper Extremity Function Scale.

서는 4편(30.76%)의 문헌에서 ‘비뚤림’ 위험이 낮았으며, 1편(7.69)의 문헌에서 ‘높음’, 연구자 또는 조사자에 대한 맹검 실시 여부 등이 명확히 제시되지 않은 8편의(61.53%) 문헌에서 ‘불확실’로 평가되었다. 선택적 결과 보고와 불완전한 결과자료에서는 13편(100%)의 문헌에서 결과에 적용되고 보고되어 ‘낮음’으로 평가하였다(Figure 2).

2. 중재 효과

작업장 근로자를 대상으로 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재가 근골격계 질환의 증상에 미치는 통합적 효과는 통증, 불편감, 병가일, 작업자세의 변화, 생산성 측면에서 다음과 같다.

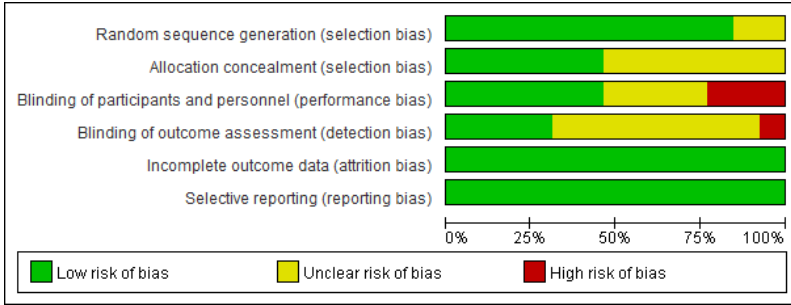


Figure 2. Risk of bias graph.

1) 통증

(1) 강도

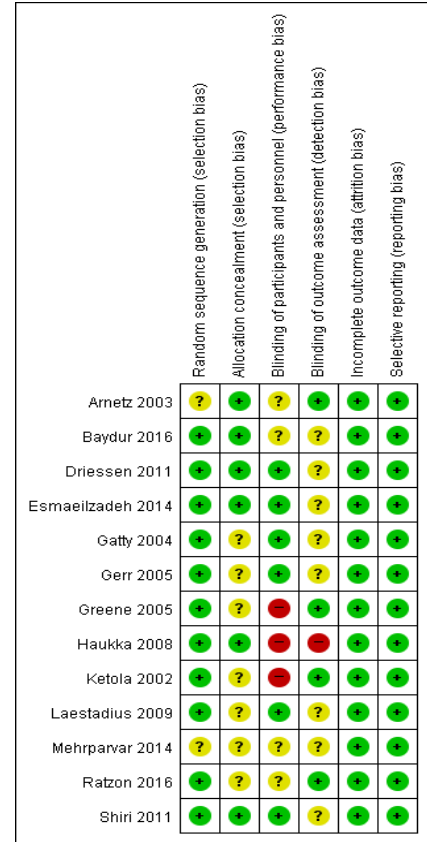
통증의 강도는 총 15편에서 보고되었으며, 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재가 적용된 실험군이 대조군에 비해 표준화된 평균차이(Standardized Mean Difference, SMD) -0.03 (95% Confidence Interval [CI] -0.09, 0.04, $p = .390$)로 통계적으로 유의한 차이는 없었으며, 문헌간 이질성은 낮았다 ($I^2=5.08$). 추후 관리기간에 따라 3개월 미만, 3개월에서 6개월, 6개월에서 9개월, 9개월에서 12개월, 12개월 이후의 SMD는 각각 0.00 (95% CI -1.05, 1.05), -0.13 (95% CI -0.40, 0.14), 0.00 (95% CI -0.14, 0.14), 0.01 (95% CI -0.11, 0.09), -0.09 (95% CI -0.23, 0.05)로 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Figure 3-A).

(2) 지속기간

통증의 지속기간은 총 6편에서 보고되었으며, 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재가 적용된 실험군이 대조군에 비해 표준화된 평균차이(SMD) -0.03 (95% CI -0.09, 0.03, $p = .301$)으로 통계적으로 유의한 차이는 없었으며, 문헌간 이질성은 낮았다 ($I^2=0$). 추후 관리기간에 따라 6개월에서 9개월, 9개월에서 12개월, 12개월 이후의 SMD는 각각 0.00 (95% CI -0.15, 0.15), -0.33 (95% CI -0.13, 0.07), -0.05 (95% CI -0.15, 0.05)로 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Figure 3-B).

(3) 빈도

통증의 빈도는 총 7편에서 보고되었으며, 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재가 적용된 실험군이 대조군에 비해 Hedge's g -0.48 (95% CI -0.81, -0.16, $p = .004$)로 통계적으로 유의하게 감소하였고, 문헌간 이질성은 낮았다 ($I^2=28.64$). 추후 관리기간에 따라 3개월 미만에는 -0.25 (95% CI -0.67, 0.18)로 통계적으로 유의한 차이는 없었으나, 3~6개월, 6~9개월의 Hedge's g 는 각각 -0.67 (95% CI -1.19, -0.15), -1.43 (95% CI -2.58, -0.28)으로 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Figure 3-C).



2) 불편감

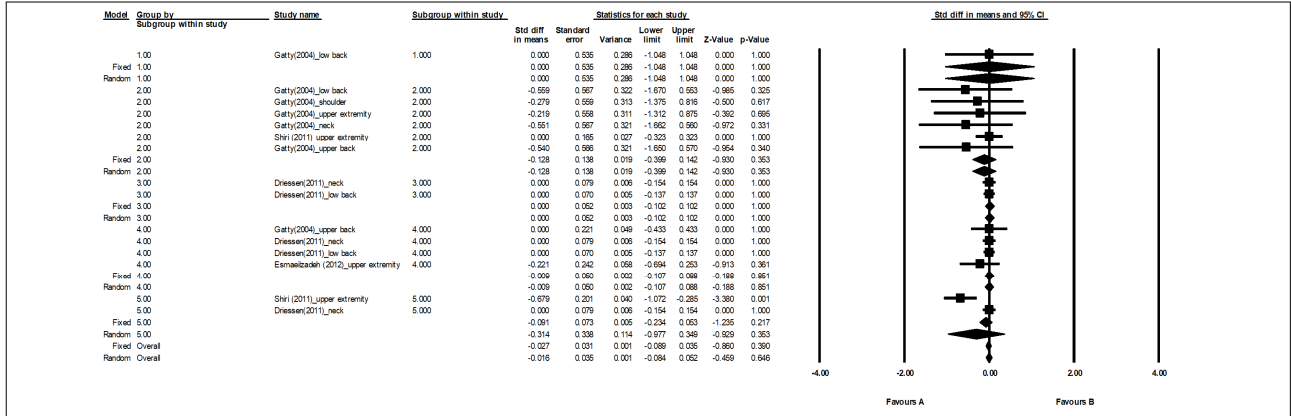
불편감은 2편에서 보고되었으며, 실험군이 대조군에 비해 SMD -0.43 (95% CI -0.81, -0.04; $p = .029$)로 통계적으로 유의하게 감소하였고, 문헌간 이질성은 낮았다 ($I^2=0$). 추후 관리기간에 따라 3개월 미만 Hedge's g 는 -0.57 (95% CI -1.11, -0.03)으로 통계적으로 유의한 차이가 있었으나, 9에서 12개월에는 -0.29 (95% CI -0.82, 0.25)로 통계적으로 유의한 차이는 아니었다(Figure 3-D).

3) 병가일

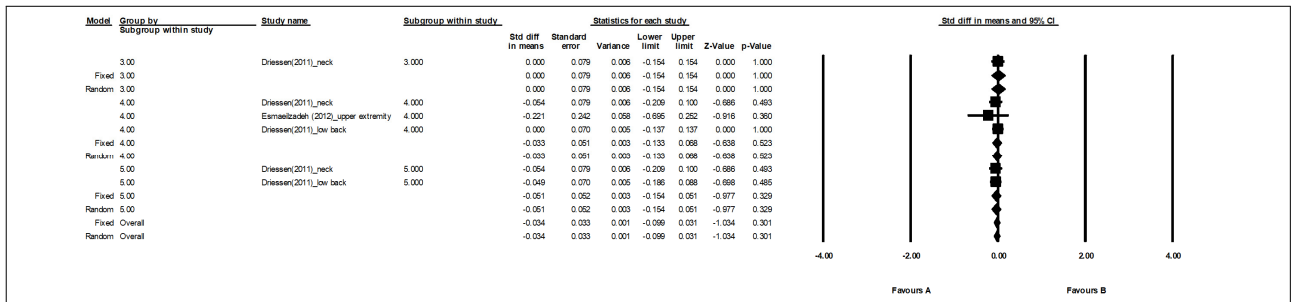
병가일은 2편에서 보고되었으나 사건발생위험비(Odds Ratio [OR]) 0.8 (95% CI 0.5, 1.3)으로 통계적으로 유의한 차이는 아니었다.

4) 작업자세

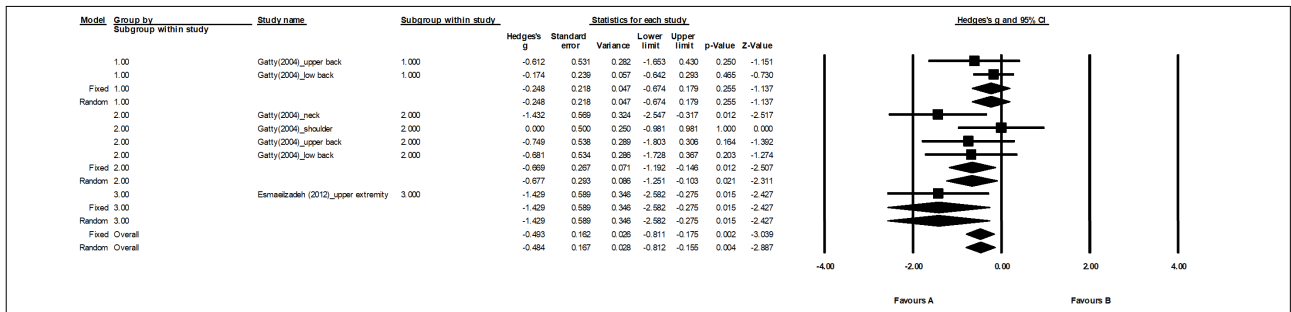
작업자세는 3편에서 보고되었으며, 실험군이 대조군에 비해 SMD -1.83 (95% CI -2.18, -0.67; $p < .01$)으로 통계적으로 유의하게 감소하였으나 문헌간 이질성은 중간정도였다 ($I^2=41.93$) (Figure 3-E).



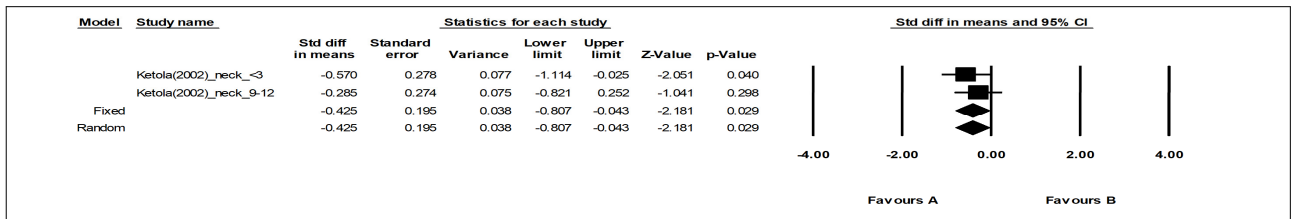
A. Pain_Intensity



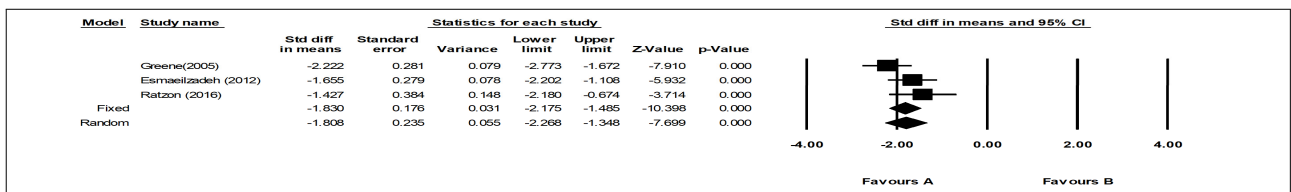
B. Pain_Duration



C. Pain_Frequency



D. Discomfort



E. Postures

Figure 3. Forest plot of effect size by risk assessment based ergonomic intervention on work-related muscular skeletal disorders symptoms.

5) 생산성

생산성은 1편에서 보고되었으며, 실험군이 대조군에 비해 OR 0.8 (95% CI 0.6, 1.1)로 통계적으로 유의한 차이는 아니었다.

3. 출판편향

분석에 포함된 연구의 출판편향은 깔때기 그림으로 시각적으로 검토한 결과, 평균효과크기를 중심으로 좌우대칭에서 크게 벗어나지 않고 대칭적 모양의 분포를 보여 출판편향 위험은 낮은 것으로 판단하였다(Figure 4).

4. 민감도 분석

민감도 분석은 메타분석의 결과가 쉽게 변화되지 않는지 파악하고자 하는 분석으로, 본 연구에서는 각 연구를 하나씩 제외시켜 가면서 메타분석을 반복적으로 시행하는 방법으로 검토하였다. 그 결과 각 개별연구를 제외한 결합 추정치가 전체 통합추정치와 크게 다르지 않은 것으로 나타나 본 연구결과는 신뢰할 만한 것으로 판단하였다.

논 의

작업 관련성 근골격계 질환은 미국과 유럽 등에서 이미 1980년대부터 주요 산업재해의 하나로 인식되어(Park, 2016), 사업장의 모든 유해요인에 대해 위험성평가를 실시하고 있고(Kang

et al., 2014) 국내에서도 작업환경에서의 질병위험을 줄이기 위해 유해요인조사 및 인체공학적 관리의 의무를 법적으로 규정하고 있다. 본 연구는 작업장의 노동자를 대상으로 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재가 작업 관련성 근골격계 질환에 미치는 효과를 통합적으로 규명하고자 하였다.

본 연구에서는 2002년부터 2016까지 미국, 핀란드, 터키, 네덜란드, 스웨덴, 이스라엘, 이란의 작업장 근로자를 대상으로 연구되었고, 2010년 이후에도 핀란드, 이스라엘, 터키, 미국, 이란 등 현장에 적합한 작업수칙과 방법을 적용하여 근골격계질환 예방을 하고 있다. 인체공학적 중재는 유해요인 개선, 상해 예방, 직무 스트레스 조정, 재활 프로그램 등이 실시되었고, 유해요인조사와 인체공학적 중재의 제공자는 의사, 간호사, 인체공학자, 산업위생기사, 물리치료사, 작업치료사, 산업보건 연구원 등이 학제적 팀 접근방법을 통해 이루어졌다. 국내에서도 직업환경의학, 직업건강간호, 물리치료학, 작업치료학, 공학분야에서 근골격계질환 예방 관련 연구가 다학제적으로 연구되고 있으나 인간공학적 작업자세분석과 직무 스트레스 예방 위주의 조사연구(Ko et al., 2013), 유해요인 조사 후 작업장의 인체공학적 중재 부재(Korea Occupational Safety and Health Agency, 2014), 무작위대조군 실험연구가 부족한 연구경향으로 선정기준에 포함되지 못한 사유로 사료된다.

작업장 근로자를 대상으로 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재가 근골격계 질환의 증상에 미치는 통합적 효과는 통증, 불편감, 병가일, 작업자세의 변화, 생산성측면에서 효과를 평가하였다. 인체공학적 중재는 통증의 강도와 지속기간에서

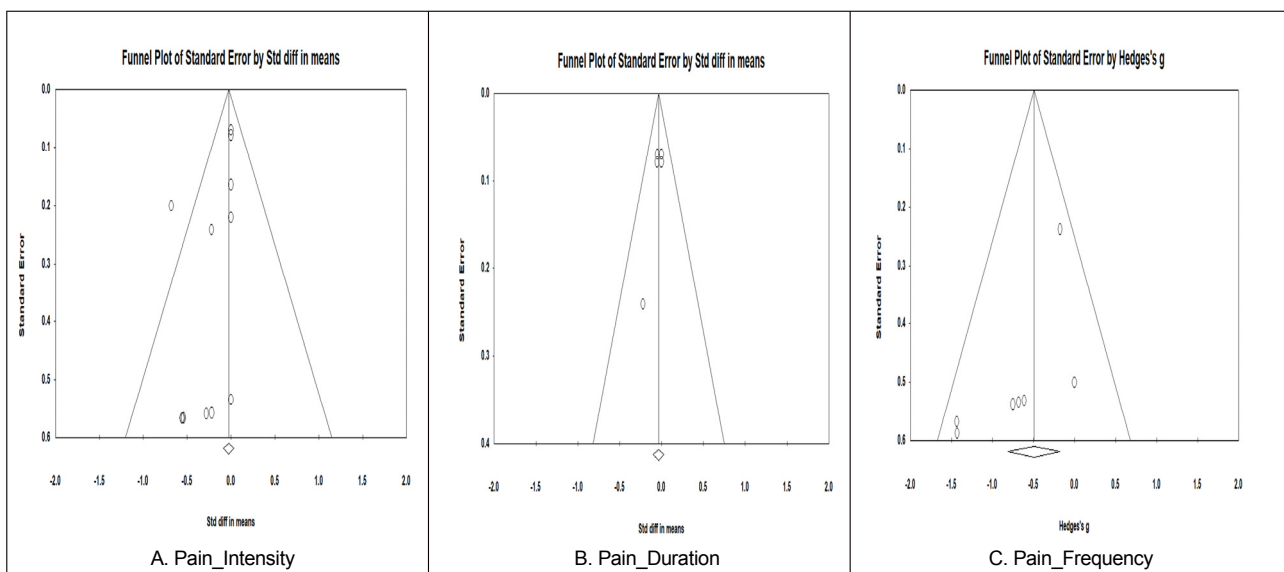


Figure 4. Funnel plot of pain outcome by risk assessment based ergonomic intervention on work-related muscular skeletal disorders symptoms.

통계적으로 유의한 차이는 없었으나, 통증의 빈도는 통계적으로 유의하게 감소하였다(Hedge's g -0.48, 95% CI -0.81, -0.16). 또한 불편감의 감소는 3개월 미만에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다(SMD -0.43, 95% CI -0.81, -0.04). 중재효과를 추후 측정할 시기는 3개월에서 6개월 미만 6편, 6개월에서 9개월이 6편으로 가장 많은 연구에서 제시되었으나 연구의 추후 관찰시점, 유해요인 측정도구, 증상조사 신체 부위 등이 다양하여 해석에 제한점이 있고, 평균 중재 시간이 제시되지 않은 연구(4편)를 제외하고 약 2.56시간으로 중재기간에 비해 충분한 중재시간이 제공되지 않았다. 그럼에도 불구하고 통증의 빈도 감소에 효과적인 추후 관리기간은 3개월에서 6개월(Hedge's g -0.67, 95% CI -1.19, -0.15), 6개월에서 9개월 순으로(Hedge's g -1.43, 95% CI -2.58, -0.28) 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 또한 분석에 포함된 문헌은 모두 국외문헌이었으므로 국내의 실정에 맞는 인체공학적 중재와 평가연구도 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서 생산성과 병가일은 통계적으로 유의한 차이는 없어 관리자의 효과적인 활동으로 유질환자의 업무손실 감소(Jung, 2015)를 보고한 국내연구와는 상반된 결과를 보여줬다. 국내의 경우 산업안전보건법에 따라 보건관리자를 선임하고 있고, 2017년 노동부에 보고된 보건관리자의 71.9%는 간호사들로 작업장의 건강증진, 직업병과 불구예방, 사고와 질병의 예방을 위한 자가건강관리 능력 개발 등을 목표로 작업장에서 노동자의 근골격계질환에 대한 문제 인식과 예방활동 참여를 촉진하고 있다(Korean Association of Occupational Health Nurses, 2018).

유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재에서 작업자세는 실험군이 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 감소하여 작업자세의 변화는 근로자의 근골격계 질환의 증상을 감소시키기에는 충분한 근거가 없다고 보고된 다양한 연구와 같은 결과를 보인다(Maher, 2000; Robson et al., 2010; Leyshon et al., 2010). 이에 유해요인조사 기반의 인체공학적 중재는 근골격계 질환의 증상 중 통증빈도나 불편감, 작업자세 개선의 근거를 제공할 수 있을 것으로 기대되고, 유해요인조사와 인체공학적 중재 활동으로 사업주와 노동자에게 근골격계 질환에 대한 관심 자각과 예방, 유질환자의 업무손실 감소와 건강증진에 기여하기 위한 효과적인 중재 전략이 요구된다. 중재연구에서 연구방법을 계획하고, 중재방법을 개발하며, 평가방법에 대한 전략을 세울 때, 적절한 이론에 근거한 연구설계가 매우 중요하나(Hardeman et al., 2005) 본 연구의 결과에서 이론적 기틀을 제시한 연구논문은 없었다. 또한 국내에서 연구된 기존의 인간공

학적 작업자세분석과 직무 스트레스 예방 등의 조사연구(Ko et al., 2013) 결과를 근거로 유해요인 조사에 기반한 인체공학적 사후 관리를 적용한 중재연구가 국내연구에 요구된다. 또한 직무 스트레스 수준이 높은 경우 증상 호소자와 질환의심자수가 증가하는 국내연구(Lee et al., 2014)도 보고되고 있어 작업 관련성 근골격계 질환을 예방하는 인체공학적 중재 프로그램에 심리적 요인을 유해요인에 포함하고, 포괄적 접근 방법인 통합적 중재방법을 위하여 다학제간 협력을 통한 프로그램 개발 또한 필요할 것으로 생각된다.

결론 및 제언

본 연구는 작업장의 노동자를 대상으로 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재가 근골격계 질환에 미치는 효과를 통합적으로 규명하고자 하였다. 문헌선택배제과정에 따라 최종 13편의 문헌이 분석에 포함되었고, 연구결과 유해요인조사에 기반한 인체공학적 중재는 작업장 근로자의 통증강도나 지속기간에는 유의한 차이가 없었으나 3개월에서 6개월, 6개월에서 9개월 후의 통증빈도는 감소시키는 것으로 나타났다. 또한, 3개월 시점에서 불편감을 감소시키는 것으로 나타났으며, 작업자세를 향상시키는 것으로 나타났다. 반면 병가일이나 생산성에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이에 유해요인조사 기반의 인체공학적 중재는 근골격계 질환의 증상 중 통증빈도나 불편감, 작업자세 개선에 적용할 수 있을 것으로 기대된다. 다만 본 연구는 포함된 문헌에서 메타분석에 포함할 자료가 제한적이었고, 추후 관찰시점, 유해요인 측정도구, 증상조사 신체 부위 등이 다양하여 해석에 제한점이 있다. 또한, 중재에 관한 내용분석이나 타당성을 평가하기에는 누락된 자료가 많아 수행하지 못했다. 따라서 추후 구체적인 중재내용에 대한 분석 및 사용된 유해요인이나 증상조사에 대한 측정도구의 타당성에 기반하여 세부그룹 분석을 제언한다. 또한 분석에 포함된 문헌은 모두 국외문헌이었으므로 국내의 실정에 맞는 인체공학적 중재와 평가연구도 이루어져야 할 것이다. 그럼에도 불구하고 이 연구는 국내에서 기존에 연구되지 않았던 유해요인조사에 기반한 중재가 근골격계 질환에 미치는 효과를 통합적으로 규명하고자 하였다는데 의미가 있다.

REFERENCES

- Bang, Y. W., Im, H. J., Kwon, Y. J., Cho, S. S., Lee, T. K., Yoon, I. K., et al. (2011). The effect of socio-economic factors on occupational injuries in Korea: A time series analysis. *Korean Journal of*

- Occupational and Environment Medicine*, 23(4), 397-406.
- Boocock, M. G., McNair, P. J., Larmer, P. J., Armstrong, B., Collier, J., Simmonds, M., et al. (2007). Interventions for the prevention and management of neck/upper extremity musculoskeletal conditions: A systematic review. *Occupational and Environmental Medicine*, 64(5), 291-303.
- Brisson, C., Montreuil, S., & Punnett, L. (1999). Effects of an ergonomic training program on workers with video display units. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 25(3), 255-263.
- Bureau of Labor Statistics. (2019). 25 years of worker injury, illness, and fatality case data. Retrieved from <https://www.bls.gov/spotlight/2019/25-years-of-worker-injury-illness-and-fatality-case-data/home.htm>
- Hardeman, W., Sutton, S., Griffin, S., Johnston, M., White, A., Wareham, N. J., et al. (2005). Causal modelling approach to the development of theory-based behaviour change programmes for trial evaluation. *Health Education Research*, 20(6), 676-687.
- Higgins, J., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *British Medical Journal*, 327, 557-560.
- Industrial Accident Compensation Insurance Act. (2019). 16273.
- Jeong, B. Y. (2010). Ergonomics' Role for Preventing Musculoskeletal Disorders. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(4), 393-404.
- Jung, M. H., Jung, H. S., & Lee, B. I. (2013) Effect of workplace health manager's role performance on presenteeism in the workers. *Korean Journal of Occupational Health Nursing*, 22, 171-178.
- Kang, D., Kim, Y., Lee, Y. I., Koh, S., Kim, I., & Lee, H. (2014). Work-related musculoskeletal disorders in Korea provoked by workers' collective compensation claims against work intensification. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 26(1), 19.
- Kim, K. H., Hwang, R. I. & Suk, M. H. (2013). The trends and status of work-related musculoskeletal diseases under Korean worker's compensation system, *Korean Journal of Occupational Health Nursing*, 22(2), 102-111, 2013.
- Ko, Y. S., Park, H. S., Lee, J. H., Cha, Y. Y., Chung, W. S., Shin, B. C., et al. (2013). Research trends of work-related musculoskeletal disorders in Korean literature. *Oriental Rehab Med*, 23(2), 95-104.
- Korea Occupational Safety and Health Agency. (2014). The 5th Work Environment Survey in 2014.
- Lee, S. R., Kim, K. S., Kim, E. A., Kim, J. H., & Kim, D. H. (2014). Job stress and musculoskeletal disorder in seoul city's school food-service employees. *Korean Journal of Occupational Health Nursing*, 23(4), 245-253.
- Leyshon, R., Chalova, K., Gerson, L., Savtchenko, A., Zakrzewski, R., Howie, A., et al. (2010). Ergonomic interventions for office workers with musculoskeletal disorders: a systematic review. *Work*, 35(3), 335-348.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., et al. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(10), e1-e34. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>
- Maher, C. G. (2000). A systematic review of workplace interventions to prevent low back pain. *Australian Journal of Physiotherapy*, 46(4), 259-269.
- Ministry of Employment and Labor. (2019). Status of Industrial accident in 2018. Sejong: Author.
- Oh, I. H., Yoon, S. J., Seo, H. Y., Kim, E. J., & Kim, Y. A. (2011). The economic burden of musculoskeletal disease in Korea: a cross sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 12, 1-9.
- Park, J. S. (2016). Spring Conference of the Ergonomics Society of Korea and 18th Korea - Japan Joint Symposium. *Ergonomics Society of Korea*, 309-333.
- Putz-Anderson V. (1988). Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs. New York: Taylor & Francis.
- Rivilis, I., Van Eerd, D., Cullen, K., Cole, D. C., Irvin, E., Tyson, J., et al. (2008). Effectiveness of participatory ergonomic interventions on health outcomes: A systematic review. *Applied Ergonomics*, 39(3), 342-358
- Robson, L., Stephenson, C., Schulte, P., Amick, B., Chan, S., Bielecky, A., et al. (2010). A systematic review of the effectiveness of training & education for the protection of workers. *Toronto: Institute for Work & Health, DHHS (NIOSH)*. 2010-127.

Appendix. 분석대상 연구논문

- Arnetz, B. B., Sjögren, B., Rydén, B., & Meisel, R. (2003). Early workplace intervention for employees with musculoskeletal-related absenteeism: A prospective controlled intervention study. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 45(5), 499-506.
- Baydur, H., Ergör, A., Demiral, Y., & Akalın, E. (2016). Effects of participatory ergonomic intervention on the development of upper extremity musculoskeletal disorders and disability in office employees using a computer. *Journal of Occupational Health*, 58(3), 297-309.
- Driessen, M. T., Proper, K. I., Anema, J. R., Knol, D. L., Bongers, P. M., & van der Beek, A. J. (2011). The effectiveness of participatory ergonomics to prevent low-back and neck pain - results of a cluster randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 37(5), 383-393.
- Esmailzadeh, S., Ozcan, E., & Capan, N. (2014). Effects of ergonomic intervention on work-related upper extremity musculoskeletal disorders among computer workers: A randomized controlled trial. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 87(1), 73-83.
- Gatty, C. M. (2004). A comprehensive work injury prevention program with clerical and office workers: Phase II. *IOS Press, Work*, 23, 131-137.
- Gerr, F., Marcus, M., Monteilh, C., Hannan, L., Ortiz, D., & Kleinbaum, D. (2005). A randomised controlled trial of postural interventions for prevention of musculoskeletal symptoms among computer users. *Occupational and Environmental Medicine*, 62(7), 478-487.
- Greene, B., DeJoy, D., & Olejnik, S. (2005). Effects of an active ergonomics training program on risk exposure, worker beliefs, and symptoms in computer users. *Work*, 24(1), 41-52.
- Haukka, E., Leino-Arjas, P., Viikari-Juntura, E., Takala, E., Malmivaara, A., Hopsu, L., et al. (2008). A randomised controlled trial on whether a participatory ergonomics intervention could prevent musculoskeletal disorders. *Occupational and Environmental Medicine*, 65(12), 849-856.
- Ketola, R., Toivonen, R., Häkkinen, M., Luukkonen, R., Takala, E., & Viikari-Juntura, E. (2002). Effects of ergonomic intervention in work with video display units. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 28(1), 18-24.
- Laestadius, J. G., Ye, J., Cai, X., Ross, S., Dimberg, L., & Klekner, M. (2009). The proactive approach-is it worthwhile? A prospective controlled ergonomic intervention study in office workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 51(10), 1116-1124.
- Mehrpour, A. H., Heydari, M., Mirmohammadi, S. J., Mostaghaci, M., Davari, M. H., & Taheri, M. (2014). Ergonomic intervention, workplace exercises and musculoskeletal complaints - a comparative study. *Medical Journal of The Islamic Republic of Iran*, 28(1), 423.
- Ratzon, N., Bar-Niv, N., & Froom, P. (2016). The effect of a structured personalized ergonomic intervention program for hospital nurses with reported musculoskeletal pain: an assigned randomized control trial. *Work*, 54(2), 367-377.
- Shiri, R., Martimo, K. P., Miranda, H., Ketola, R., Kaila-Kangas, L., Liira, H., et al. (2011). The effect of workplace intervention on pain and sickness absence caused by upper-extremity musculoskeletal disorders. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 37(2), 120-128.