

Original Article

Open Access

사무직 근로자의 컴퓨터 작업 자세의 관찰 연구

전덕훈 · 구미란†

대구대학교 재활건강증진학과, ¹신라대학교 산학협력단

An Observational Study of Office Workers' Postural Behaviors During Computer Work

Deok-Hoon Jun, P.T., Ph.D. · Mi-Ran Goo, P.T., Ph.D.†

Department of Rehabilitation and health promotion, Daegu University

¹Industry-University Cooperation Foundation, Silla University

Received: July 25, 2021 / Revised: August 3, 2021 / Accepted: August 3, 2021

© 2021 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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.

| Abstract |

Purpose: The purpose of this study was to observe office workers' postural behaviors during computer work to identify the risk factors for head and thorax postural behaviors.

Methods: The participants included 57 office workers who worked longer than 20 hours on a computer. Postural behaviors during computer work were measured using 3-D wearable motion sensors on the forehead and sternum. A multivariate linear regression model evaluated the association between various risk factors (neck pain, demographics, and environmental factors) and non-head and thorax postural behaviors.

Results: The participants maintained their head and thorax in neutral postures (defined as 10° extension ~ 10° flexion and 5° extension ~ 10° flexion, respectively) for 24.7% and 39.3% of the total recorded time. Those who reported neck pain at the measurement of postural behaviors showed less time spent in thorax postures. Current neck pain, high desk height, and the distance between the keyboard and the edge of the desk (cm) were found to be related to less time spent in a neutral thorax posture.

Conclusion: Office environment factors and current neck pain might affect workers' thorax postures, which might also determine the orientation of head postures during computer work.

Key Words: Neck pain, Computer posture, Risk factors, Ergonomics

†Corresponding Author : Mi-Ran Goo (m.goo@uq.net.au)

I. 서론

목 통증은 재발성을 특징으로 가지는 질환으로 대부분의 성인들이 일생에서 한번 이상 겪게 되는 통증이다(Cote et al., 2004; Manchikanti et al., 2009). 특히 장시간 앉아서 근무하는 사무직 근로자들에게서 목 통증 발생률과 유병률이 높게 보고되고 있다(Cote et al., 2009). 목 통증은 직장 내 근로자의 장기부재, 감소된 생산력과 직업회귀를 위한 치료비용 등 산업 전반에 걸쳐 많은 문제점들을 불러 일으킨다(Van Eerd et al., 2011). 정적인 근무 자세자세를 장시간 유지하는 것은 신체의 먼 쪽 관절의 반복적인 움직임과 몸쪽 관절의 자세 유지근들의 지속적인 수축을 보인다(Punnett & Bergqvist, 1997). 특히, 컴퓨터를 사용한 업무 동안 이 비대칭적인 움직임은 척추만곡의 유지를 힘들게 하여 척추만곡이 중력중심선에서 벗어나는 비이상적인 근무자세를 유발할 수 있다(Gerr et al., 2006; Kotani et al., 2007).

사무직 근로자들의 비이상적인 근무자세는 목 통증 재발의 위험요소로 보고된다. 비이상적인 근무자세의 특징은 머리와 목이 신체의 중심선에서 벗어나 관절의 역학적 부하를 증가시키고 과도한 근육활성을 유발한다(예: 전방두부 자세)(Edmondston et al., 2011). 최근 추적조사의 보고에 따르면 사무직 근로자가 컴퓨터 작업을 하는 동안 흉곽이 중립 자세에서 벗어나는 시간에 증가할수록 새로운 목 통증의 발병률이 높아진다고 밝혀졌다(Jun et al., 2020). 이 연구는 한 시간의 근무시간 중 흉곽이 정중면에서 10° 굽힘/뒹 범위 안에 존재하는 자세를 중립자세로 정의하고 그 시간을 백분율로 나타내었다. 그 결과 총 관찰 시간 중 흉곽이 중립자세에 위치한 시간이 1%감소함에 따라 목 통증 발병률이 1% 증가함을 확인하였다.

업무 시 자세의 변화로 인한 근골격계의 역학적 부하를 조사하기 위해 설문지, 직접 관찰, 비디오 녹화, 각도계, 전자각도계, 가속도계 및 동작분석기 등의 다양한 방법을 사용한 자세 측정이 시도되었다(Jun et al., 2019). 이런 다양한 방법들은 각각 장단점이 존재

한다. 예를 들면, 설문지나 관찰법은 편리하고 실제 작업장 내에서 많은 대상자를 평가할 수 있는 반면 그 정확도와 신뢰도가 부족하다(Teschke et al., 2009). 그에 반해 동작분석기와 같은 고가 장비의 실험기기는 정확도가 높은 반면 실험실 내 가상화된 공간에서만 측정이 가능한 단점이 있다(Teschke et al., 2009). Jun 등(2020)은 실제 근무 환경 내 자세 측정을 위해 가속도계를 사용하여 실시간 근무자세를 평가할 수 있는 자세 평가 도구를 개발하고 그 신뢰성을 검증하였다(Jun et al., 2019).

근무 형태나 컴퓨터의 배치와 같은 작업장의 환경은 사무직 근로자의 자세에 큰 영향을 미친다.(Bruno Garza et al., 2012; Chang et al., 2008). 몇몇 연구들에서 신뢰도 높은 전자측정기기를 사용하여 사무직 근로자들의 실제 근무환경과 자세와의 연관성을 측정하였다. Bystrom 등(2002)은 가속도계를 사용하여 15분간의 컴퓨터 디자인 작업 시 머리, 목, 어깨의 평균 관절 각도와 각속도를 10분위수로 나타내었다. 이 연구에서 작업 중 키보드를 사용하여 작업 시 머리-목의 각속도를 증가시키고, 마우스 사용은 어깨의 각속도를 증가시킨다고 보고하였다.

사무직근로자의 근무자세와 목 통증이 자세에 미치는 영향을 연구하기 위해서는 첫째, 실제 근무 환경에서 자세를 측정하고 둘째, 신뢰도 높은 측정 도구를 사용하며 셋째, 충분한 시간 동안 자세를 측정하는 것이 필요하다. 또한 환경적 요소들의 영향도 고려해야 할 것이다. 아직까지 위 조건들을 만족하는 연구가 보고되고 있지 않다. 따라서 본 연구의 목적은 이전 연구에서 개발된 평가 도구를 사용하여 컴퓨터를 사용하여 작업을 하는 사무직 근로자들의 목 통증 유무에 따른 근무 자세의 차이를 확인하고, 사무직 근로자들의 근무자세에 영향을 미치는 위험인자를 조사하는 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 설계 및 대상자 선정

본 연구는 1년 단면조사 연구(cross sectional study) 방식을 택하여 경산시 D 대학교에서 사무직 근로자를 대상으로 모집하였다. 대상자는 사내 공지, 건물 내 광고지 등을 통하여 모집 정보를 접하였다. 모든 대상자는 참여 동의서를 읽고 실험 내용을 충분히 인지한 후 참여 의사를 밝혔다. 본 실험은 연구 관리 위원회의 승인아래 시행되었다(Human Research Ethics Committee in University of Queensland; Approval number-2014000308). 대상자 모집은 두 달간 진행되었고 총 95 명의 자발적 참여의사를 받았다. 그 중 57명의 지원자만이 연구 대상자 자격조건을 만족하였다.

2. 대상자 자격 조건

연구 대상자 자격 조건은 다음과 같다: 1) 18세 이상 성인, 2) 정규직 근로자로 주간 30시간 이상 근무, 3) 주간 20 이상의 컴퓨터 사용, 그리고 4) 목 통증 이외의 특별 질환을 가지지 않은 자.

3. 대상자 위험인자 측정

설문지를 통해, 대상자의 개인적 요소(키, 나이, 몸무게 등), 근무 조건(컴퓨터 사용시간, 주 근무 시간 등) 및 신체 활동 수준(운동량과 주당 앉은 시간)에 대한 정보를 수집하였다. 연구 시작점으로부터 2주 이내에 대상자 근무지를 방문을 하여, 대상자의 컴퓨터 작업 동안의 자세를 측정하고 직장 내 근무환경을 평가하였다.

1) 설문지 조사

설문지는 대상자의 일반적 특성을 묻는 간략한 질문들과 근무 형태 및 신체활동 수준을 평가하는 두

가지 세부 설문지로 이루어졌다. 대상자의 일반적 특성은 나이, 키, 몸무게, 직위, 흡연 유무, 음주량과 근무 조건(근무 시간, 컴퓨터 사용시간, 근무간 휴식 시간)을 포함하였다. 근로자의 신체활동 수준을 평가하기 위하여 신뢰성과 타당도를 갖춘 ‘the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ-SF)’를 사용하였다(Oh et al., 2007).

2) 직장 내 방문

직장 내 방문을 통하여 대상자의 근무자세와 사무책상 환경을 평가하였다. 대상자의 근무자세를 평가하기 위해 가속도 센서(3-space-data logger USB, YOST Labs product, USA)를 사용하여 흉곽과 머리의 움직임을 1시간 동안 실시간으로 측정하였다. 가속도 센서는 복장뼈와 아래 1cm 부근(흉곽 움직임)과 이마 중앙(머리 움직임)에 부착되었고, 정중면에서의 흉곽과 머리의 굽힘/뺨 움직임 사이 각도를 계산하여 신체의 중립적 자세를 분석하였다(50Hz). 중립적 자세는 역학적인 부하가 없는 신체부위의 각도를 기준으로 정의하였다(Teschke et al., 2009). 각 신체별 중립적 자세는 중력 수직선을 기준으로 흉곽의 굽힘/뺨 10°~10° 과 머리의 굽힘/뺨 5°~10° 구간으로 정의하였다. 최종 분석을 위해, 대상자가 총 측정시간 동안 흉곽의 중립적 자세를 취한 누적시간을 백분위로 나타내었다. 가속도 센서를 이용한 흉곽 중립적 자세 측정의 신뢰성과 자세한 측정방법은 본 연구자의 이전 연구에 자세히 보고되고 있다(Jun et al., 2018).

대상자의 사무책상 환경은 모니터의 높이(눈높이/눈높이 이하/눈높이 이상), 마우스와 키보드의 위치(책상 끝에서부터 입력장치 끝부분까지의 거리(cm), 책상의 높이(cm), 그리고 종이 문서의 위치(몸 쪽 가깝게/몸쪽과 멀게) 측정하여 평가하였다.

3) 직업관련 목 통증 유무

대상자의 목 통증 유무를 조사하기 위해 실험참여

날짜를 기준으로 통증 유무를 조사하였다. 목 통증의 유무는 Bone and Joint Decade 2000-2010 Task Force가 제시한 목 통증 정의를 기준으로 판별하였다(Guzman et al., 2008). 목 통증의 정의는 다음 중 하나의 조건을 만족하여야 한다; 1) 일상생활을 방해할 정도의 통증(잠, 독서, 컴퓨터 활동, 운전, 사회생활 등), 2) 결근이나 의학적 처치(마사지, 재활, 통증약)를 초래한 정도의 통증, 3) 통증의 범위는 견갑골의 극상(spine of scapular) 부위와 목 아래 패임(supra sternal notch)을 연결하는 부위부터 목덜미선(superial nuchal line)까지. 직업관련 목 통증과 외상성 목 통증을 구별하기 위하여 운동이나 불편한 잠자리 등 특정한 신체활동

중 발생한 목 통증은 제외시켰다.

4. 통계 분석

모든 분석은 Stata version 14(STATA, USA)를 사용하였다. 사무직 근로자의 목 통증과 컴퓨터 작업 시 근무 자세 또는 위험인자들과의 선형관계를 분석하기 위하여 다변량 선형회귀분석(Multivariate linear regression Analysis)을 사용하였다. 근무자세는 두 가지 신체 분절을 따로 분석하여 두 가지 모형을 가졌다. 다인자 분석(Multivariable analysis)에서 필요한 인자 선택 중 과적합(overfitting) 오류를 최소화 하기 위해 Least

Table 1. Distribution of risk factors included in the linear model

Variables	Index (n=57)	SD / %
Age (years)	35.81	±9.28
Female (n/%)	29	50.88%
Participations with neck pain	13	22.81%
BMI (kg ² /m)	21.91	±3.02
Drinking per week (by 1 standard drinking)	2.00	±0.79
Smoking (n/%)	11	19.30%
Hours of sitting during week days work and home (hr)	56.40	±21.08
Hours of work per week (hr)	42.39	±5.48
Hours of computer work per day (n/%)		
Less than 6 hours per day	14	24.56%
More than 6 hours per day	43	85.44%
Hours of work prior to break (hr)	2.39	0.82
Vigorous activity per week (hr)	2.02	±2.86
Moderate activity per week (hr)	2.41	±3.92
Walking per week (hr)	3.13	±2.93
Computer screen levels (n/%)		
Eye level	24	42.86%
Lower than eye level	27	46.43%
Higher than eye level	6	10.71%
Distance of keyboard from the edge of the table (cm)	32.76	±9.78
Distance of mouse from the edge of the table (cm)	27.25	±10.49
Hard copy document positions (n/%)		
Adjacent to body	41	71.93%
Far from body	16	28.07%
Height of desk from floor (cm)	72.99	±2.08
Percent of time in neutral thorax posture (%)	24.74%	±23.85
Percent of time in neutral head posture (%)	39.32%	±22.02

BMI: body mass index.

absolute shrinkage and selection operator (Lasso) 회귀분석 모델을 적용하였다(Tibshirani, 1996). 최종 모형의 최적화 판단을 위해 Akaike's information criteria (AIC) 검증을 실시하였다(Akaike, 1974). 회귀분석의 유의수준은 $\alpha < 0.05$ 로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

총 57명의 사무직 근로자 중 목 통증을 호소하는 근로자는 13명이었다. 연구에 참여한 모든 근로자의 기본 정보와 위험인자에 대한 정보는 Table 1에 기술하였다.

2. 컴퓨터 작업 시 흉곽과 머리의 중립적 자세

연구에 참여한 사무직 근로자들이 컴퓨터 작업을 하는 동안, 흉곽과 머리를 중립적 자세로 유지한 시간은 총 녹화시간 중 각각 24.74%와 39.32%로 나타났다(table 1). 목 통증을 호소하는 근로자들의 평균 흉곽 중립자세는 11.26%로 목 통증이 없는 근로자들의 평균치인 28.72%보다 낮았다. 목 통증을 호소하는 근로자들의 평균 머리 중립자세는 42.87%로 목 통증이 없는 근로자들의 평균치인 38.27%보다 높았다.

3. 컴퓨터 작업 시 중립 자세와 위험인자와의 선형 관계

다변량 회귀 분석 시, 대상자의 기본 정보인 나이, 성별, BMI는 인자간 상관관계에 관련 없이 분석에 포함되었다. 흉곽자세를 위한 모형에서 Lasso 회귀분석을 통해 선택된 위험인자는 목 통증 유무, 책상 높이, 컴퓨터 사용시간, 주당 앉은 자세 시간, 주당 걷기 시간 및 키보드 위치였다(table 2). 흉곽자세 모델 분석결과 목 통증, 높은 책상 높이, 책상 가장자리에서 멀리 떨어진 키보드 위치가 흉곽 중립 자세의 유의한 위험 인자로 나타났다(table 2).

머리자세를 위한 모형에서는 나이를 제외한 어떤 인자도 위험인자로 선택되지 않았다($p > 0.05$). 이는 머리의 자세는 인자들과 선형관계에 있지 않다는 것을 의미하며 따라서 본문에 결과치를 제시하지 않는다.

IV. 고 찰

본 연구결과는 장시간 자세 측정방법을 통해 컴퓨터 작업 시 가슴과 머리의 자세를 결정짓는 위험인자들을 조사하고 사무직 근로자들을 위한 바른 자세를 가질 수 있는 방법에 대해 근거를 제시하고 있다. 따라서 본 연구결과는 산업현장에서 직접 사용될 올바른 자세 유지에 관한 가이드라인을 제시하기에 충분할 것이다.

Table 2. Multivariate linear regression model indicating the calculated regression coefficient and significant association for risk factors and neutral posture of thorax while computer work (n=57)

Risk factors	Coefficient	P	95% CI
Age (decades)	0.47	0.19	0.24 - 1.18
Female	3.92	0.58	-10.36 - 18.20
BMI (kg/m ²)	1.03	0.41	-1.44 - 3.51
Presence of neck pain	-10.32	0.01*	-17.79 - 2.86
Desk height (cm)	-3.69	0.01*	-6.48 - 0.89
Distance of keyboard from the edge of the table (cm)	-0.63	0.03*	-1.20 - -0.05
Computer usage per day (hr)	-3.89	0.11	-8.74 - 0.96
Sitting time per week (hr)	0.22	0.12	-0.06 - 0.50
Walking time per week (hr)	-0.30	0.74	-2.12 - 1.52

BMI: body mass index, *: $p < 0.05$.

본 연구에서 가장 주목할 만한 결과는 흉곽의 중립 자세가 목 통증을 포함한 다양한 위험인자에 영향을 받는 반면 머리의 중립 자세는 목 통증 유무뿐 아니라 나이를 제외한 어떤 위험인자의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 이는 머리의 움직임은 흉곽의 움직임에 비해 변동성이 더 적다고 이해되며 개인간의 머리 움직임에서 차이가 나타나지 않는 것으로 해석된다. 목 통증이 없는 근로자들은 머리의 중립적인 자세를 총 측정 시간 중 38.31% 시간 동안 유지한 반면 목 통증을 가진 근로자들은 42.87%를 유지하였다. 그에 반해 흉곽의 중립적 자세는 목 통증을 가지지 않은 근로자들에게 더 높은 빈도의 중립적 자세가 나타났다(28.71%과 11.26%). 이는 기대했던 것과 달리 머리의 움직임보다 흉곽의 움직임 변화가 크다는 것을 의미한다. 컴퓨터 작업은 작업자의 시선이 모니터에 장시간 고정되어 있어야 하며 이 작업적 특성이 머리의 제한적인 움직임을 유발한 것이라 생각된다. 따라서 머리의 자세는 주로 중립적 자세에 위치해 있고, 흉곽의 자세가 머리와 흉곽을 연결해 주는 목 관절의 자세를 결정하는데 큰 영향을 미친다고 유추할 수 있을 것이다. 하지만, 본 연구의 관찰 도구는 머리와 흉곽의 독립적인 움직임을 관찰하였으며 두 신체 사이의 위치한 목관절의 정확한 자세와 움직임을 측정할 것이 아님을 밝힌다.

이전 연구들에서는 근무 환경적 요소와 목 통증이 목의 자세에 영향을 미치는 인자라고 보고되어 왔다. 예를 들면, 눈 높이보다 높은 모니터의 높이는 대상자의 시각각도를 변화시켜 목 뒀근의 높은 활성도와 함께 목 관절의 과도한 꺾임을 발생시킨다(Gerr et al., 2000; Seghers et al., 2003). 또한, 목 주위 관절의 통증을 호소하는 사람들은 그렇지 않은 사람들에 비해 과도한 전방두부경사를 가진다고 보고된다(Szeto et al., 2005). 본 연구의 결과를 통해 해석한다면, 대부분의 사무직 근로자들은 모니터에 시선을 고정해 채 작업을 하기 때문에 고정된 머리를 지탱하고 있는 흉곽의 움직임으로 인해 머리와 흉곽 사이의 구조물인 목 관절 움직임의 변화를 유발하여 목 관절에 역학적인 부하를 받

생시키는 것으로 생각된다. 따라서 두 가지 사항을 유의해야 할 것이다. 먼저 컴퓨터 작업자의 자세 평가나 중재 시, 목 관절의 정상적인 움직임을 위해 머리 각도나 움직임의 수정보다 흉곽의 수정이 먼저 이루어져야 할 것이다. 다음으로 흉곽의 비정상적인 자세는 머리를 받치는 주춧돌의 역할로 목 관절의 과도한 역학적 부하를 일으킬 수 있다. 따라서 흉곽의 중립적인 자세를 유지할 수 중재를 먼저 시행하여야 할 것으로 생각된다.

본 연구결과는 흉곽의 중립적인 자세를 유지하기 위한 중재로서 통증의 유무와 환경적인 요소를 제시하고 있다. 목 통증은 목 관절의 과도한 전방 경사와 연관성이 있다고 보고하고 있다(Nordander et al., 2016). 또한 흉곽의 비중립적인 자세는 새로운 목 통증을 발생시킨다는 인과관계도 보고되고 있다(Jun et al., 2020). 환경적 요소인 책상의 높이와 키보드의 위치 또한 흉곽의 자세에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 컴퓨터 입력장치 사용 시 근무자의 아래팔의 위치와 관련 있는 것으로 생각된다. 본 연구의 자세 평가 시 높은 책상과 키보드를 멀리 두어 흉곽과 키보드 사이 많은 공간을 차지하는 근로자들에게서 아래팔을 책상위로 두는 형태인 “아래팔 지지 전략(forearm supported strategy)”를 많이 목격하였다. 이 자세는 팔 무게를 지탱하는 방식으로 어깨 근육의 역학적 부하를 줄여주는 방안으로 제안되고 있다(Delisle et al., 2006). 하지만 이 방식은 자세학적 측면에서 흉곽을 앞으로 기울이게 하여 머리와 목의 불필요한 꺾임을 일으킨다고 보고된다(Bendix et al., 1985; Zacharkow, 1988). 따라서 근로자들의 팔 길이와 흉곽의 길이를 고려하여 흉곽의 앞기울임을 최소화 하고 아래팔 지지 전략을 적용하여 역학적 부하를 줄여줄 수 있는 적절한 책상 높이와 입력장치의 위치를 중재할 수 있도록 하여야 할 것이다.

본 연구에서는 흉곽의 중립적인 자세와 신체적 활동과의 선형관계는 찾을 수 없었다. 다변량 회귀분석에서 다른 강력한 인자들에 의해 상쇄된 선형관계로 생각된다. 하지만 지속적인 신체활동은 목 통증의 예

방과 바른 자세 유지에 효과가 있다고 알려져 있다 (Shahidi et al., 2015). 따라서 꾸준한 신체활동은 여전히 자세 예방과 중재과정에서 제시되어야 할 것이다.

본 연구에서 다양한 위험인자들을 평가하였지만, 대상자의 신체적 능력, 근무지에서 존재하는 사회심리적 인자들과 대상자의 스트레스 대처방안 등 다른 잠재적 위험 인자들의 평가가 이루어 지지 못하였다. 또한 흉곽 자세와 사무책상환경을 제외한 다른 인자들의 평가는 대상자의 주관적 평가에 기댄 설문지를 통하여 이루어졌다. 후속 연구에서는 다른 잠재적 인자를 포함하는 평가를 통해 컴퓨터 작업 자세의 위험인자들을 조사하고, 또한 더 객관적인 평가도구들을 사용하여 연구결과의 질을 높일 수 있기를 기대한다.

V. 결론

본 연구결과는 실제 사무직 근로자의 직장 내 컴퓨터 작업 자세를 관찰하여 흉곽과 머리의 자세를 평가하고 또 그 자세를 결정짓는 위험인자들을 알아 보았다. 사무직 근로자의 직장 내에서 이루어진 자세 평가는 긴 시간 측정과 신뢰성 있는 장비를 사용하여 이전 연구보다 더 정확한 작업 자세의 평가를 가능하게 하였다. 사무직 근로자들이 컴퓨터 작업을 하는 동안 흉곽이 중립적 자세에 위치한 시간은 머리가 중립적 자세에 위치한 시간보다 적었다. 이 비중립적인 흉곽 자세와 연관을 보이는 인자들은 높은 책상 높이와 책상 가장자리에서 멀리 떨어진 키보드 위치로 나타났으며, 이는 근로자들이 팔을 책상 위에 둔 채 작업하는 아랫팔 지지 전략 (forearm supported strategy)를 유발하여 흉곽의 구부정한 자세를 유도한다고 생각된다. 또한 목 통증 유무는 비 중립적 자세와 연관성이 높은 위험인자로 나타났다. 따라서, 직장 내 바른 자세 교육과 중재를 위하여 환경적인 인자와 목 통증의 중재가 필요할 것으로 생각된다.

Acknowledgement

이 연구는 Office Ergonomic Research Committee 지원 아래 연구 되었음을 알립니다.

References

- Akaike H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*. 1974;19(6):716-723.
- Bendix T, Krohn L, Jessen F, et al. Trunk posture and trapezius muscle load while working in standing, supported-standing, and sitting positions. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1985;10(5):433-439.
- Bruno Garza JL, Eijkelhof BH, Johnson PW, et al. Observed differences in upper extremity forces, muscle efforts, postures, velocities and accelerations across computer activities in a field study of office workers. *Ergonomics*. 2012;55(6):670-681.
- Bystrom JU, Hansson GA, Rylander L, et al. Physical workload on neck and upper limb using two CAD applications. *Applied Ergonomics*. 2002;33(1):63-74.
- Chang CH, Johnson PW, Dennerlein JT. A wide range of activity duration cutoffs provided unbiased estimates of exposure to computer use. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2008;5(12):790-796.
- Cote P, Cassidy JD, Carroll LJ, et al. The annual incidence and course of neck pain in the general population: a population-based cohort study. *Pain*. 2004;112(3):267-273.
- Cote P, van der Velde G, Cassidy JD, et al. The burden and determinants of neck pain in workers: results of the bone and joint decade 2000-2010 task force on neck pain and its associated disorders. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2009;32(2):S70-86.

- Delisle A, Lariviere C, Plamondon A, et al. Comparison of three computer office workstations offering forearm support: impact on upper limb posture and muscle activation. *Ergonomics*. 2006;49(2):139-160.
- Edmondston SJ, Sharp M, Symes A, et al. Changes in mechanical load and extensor muscle activity in the cervico-thoracic spine induced by sitting posture modification. *Ergonomics*. 2011;54(2):179-186.
- Gerr F, Marcus M, Ortiz D, et al. Computer users' postures and associations with workstation characteristics. *Aihaj*. 2000;61(2):223-230.
- Gerr F, Monteilh CP, Marcus M. Keyboard use and musculoskeletal outcomes among computer users. *Journal of Occupational Rehabilitation*. 2006;16(3):265-277.
- Guzman J, Haldeman S, Carroll LJ, et al. Clinical practice implications of the bone and joint decade 2000-2010 task force on neck pain and its associated disorders: from concepts and findings to recommendations. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(4):S199-213.
- Jun D, Johnston V, McPhail S, et al. Are measures of postural behaviour using motion sensors in seated office workers reliable? *Human Factors*. 2018;61(7):1141-1161.
- Jun D, Johnston V, McPhail SM, et al. A longitudinal evaluation of risk factors and interactions for the development of nonspecific neck pain in office workers in two cultures. *Human Factors*. 2021;63(4):663-683.
- Kotani K, Barrero LH, Lee DL, et al. Effect of horizontal position of the computer keyboard on upper extremity posture and muscular load during computer work. *Ergonomics*. 2007;50(9):1419-1432.
- Manchikanti L, Singh V, Datta S, et al. Comprehensive review of epidemiology, scope, and impact of spinal pain. *Pain Physician*. 2009;12(4):E35-70.
- Nordander C, Hansson GA, Ohlsson K, et al. Exposure-response relationships for work-related neck and shoulder musculoskeletal disorders--Analyses of pooled uniform data sets. *Applied Ergonomics*. 2016;55:70-84.
- Oh JY, Yang YJ, Kang JH. Validity and reliability of Korean version of international physical activity questionnaire (IPAQ) short form. *Journal of the Korean Academy of Family Medicine*. 2007;28(7):532-541.
- Punnett L, Bergqvist U. Visual display unit work and upper extremity musculoskeletal disorders: a review of epidemiological findings; in Life. Sweden, Arbetslivsinstitutet. 1997.
- Seghers J, Jochem A, Spaepen A. Posture, muscle activity and muscle fatigue in prolonged VDT work at different screen height settings. *Ergonomics*. 2003;46(7):714-730.
- Shahidi B, Curran-Everett D, Maluf KS. Psychosocial, physical, and neurophysiological risk factors for chronic neck pain: a prospective inception cohort study. *Journal of Pain*. 2015;16(12):1288-1299.
- Szeto GP, Straker LM, O'Sullivan PB. A comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work--2: neck and shoulder kinematics. *Manual Therapy*. 2005;10(4):281-291.
- Teschke K, Trask C, Johnson P, et al. Measuring posture for epidemiology: comparing inclinometry, observations and self-reports. *Ergonomics*. 2009;52(9):1067-1078.
- Tibshirani R. Regression shrinkage and selection via the Lasso. *Journal of the Royal Statistical Society*. 1996;58(1):267-288.
- Van Eerd D, Cote P, Kristman V, et al. The course of work absenteeism involving neck pain: a cohort study of Ontario lost-time claimants. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;36(12):977-982.
- Zacharkow D. Posture: sitting, standing, chair design and exercise. Illinois. Charles C Thomas. 1988.