

Effect of Backrest Height on Biomechanics Variables During VDT (Visual Display Terminal) Work

VDT 작업 시 의자 등받이 높이가 생체역학적 변인에 미치는 영향

Jinjoo Yang¹, Sukhoon Yoon^{2,3}, Sihyun Ryu²

¹Prosthetics and Orthotics Center, VHS Medical Center, Seoul, South Korea

²Motion Innovation Center, Korea National Sport University, Seoul, South Korea

³Department of Community Sport, College of Lifetime Sport of Korea National Sport University, Seoul, South Korea

Received : 06 December 2022

Revised : 27 January 2023

Accepted : 27 January 2023

Objective: This study identifies the difference among the heights of a chair's backrest (High, Mid, No), the biomechanical changes chair users undergo over time, and the variables that can measure musculoskeletal disorders, eventually providing information on the appropriate type of backrest.

Method: Eleven healthy subjects in their 20s and 30s who had no experience with musculoskeletal disorders or surgical operations within the last 6 months participated in this study. Computer typing tasks were randomly designated and performed according to the type of chair backrest, and evaluation was performed for Flexion-Relaxation Ratio (FRR) analysis after the computer typing tasks. This study used eight infrared cameras (sampling rate: 100 Hz) and nine-channel electromyography (sampling rate: 1,000 Hz). ANOVA with repeated measures was conducted to verify the results, with the statistical significance level being $\alpha = .05$.

Results: Although there was no significant difference in craniovertebral angle (CVA), this study showed time and interaction effects depending on the height of the backrest ($p < .05$). When working without the backrest, the head-spine angle was lower compared to the chairs with backrest, based on the computer work. As for the head angle, the higher the back of the chair was, the less the head flexion and the body angle became, whereas the body flexion became less when there was a backrest. In addition, the body flexion increased over time in all types of backrests ($p < .05$). The muscle activity of the upper body tended to be high in the high backrest chair. On the other hand, a lower muscle activity was found with a low backrest.

Corresponding Author

Sihyun Ryu

Korea National Sport University,
1239, Yangjae, Songpa-gu, Seoul,
05541, South Korea

Email : hope222ysh@knsu.ac.kr

Conclusion: These results show that a chair is more ergonomic when the body angle is correctly set without bending and when it is supported by a low backrest. Accordingly, this study determines that the backrest affects shoulder and neck musculoskeletal disorders during typing and that medium-height backrest chairs can help prevent musculoskeletal disorders, contrary to the expectation that high-backrest chairs are preferable.

Keywords: Workstation, Video display terminal, Upper posture control, Biomechanics

INTRODUCTION

현대사회에서의 PC(데스크탑, 노트북 등)는 누구나 사용하는 필수적인 도구이며, 노트북, 태블릿, 휴대폰 등의 시각적인 화면을 이용하여 일하는 것을 영상표시단말기(Visual Display Terminal, [VDT]) 작업(Work)이라고 한다(Parihar et al., 2016). 이러한 장비의 사용은 삶의 질을 향상시키고 삶의 만족도를 높여주는 반면, 반복적인 장시간 사용으로 인한 부작용도 발생시킨다. VDT 작업은 달리기나 점프 동작과 같은 큰 충격으로 인한 상해 발생과는 다르게 지속적인 근 긴장감이 근골격계 질환으로 이어지게 되는데, 이를 VDT 증후군이라고 한다.

2020년 건강보험심사평가원의 보도자료에 따르면 국민의 3명 중 1명이 근골격계통 및 결합조직의 질환으로 진료를 받으며, VDT 증후군으로 진료를 받는 사람 수는 최근 10년 동안 지속적으로 증가한다고 보고되고 있다(Health Insurance Review and Assessment Service [HIRAS], 2020). 이에 따라 건강보험심사평가원은 근무환경에 대한 점검이 필요하다고 주장하였으며, 고용노동부에서도 VDT 작업자에 대한 지침을 제공하여 근골격계 질환을 예방할 수 있는 자세와 바람직한 워크스테이션(책상, 컴퓨터, 의자 등의 특징 및 배열)을 제시하고 있다(Ministry of Employment and Labor [MEL], 2020). 모니터, 키보드, 책상, 재택근무 등으로 인한 자세변화관련 선행 연구도 다양하게 이루어지고 있으며(Yim, Park & Kim, 2000; Gholami, Choobineh, Abdoli-Eramaki, Dehghan & Karimi, 2021; Holzgreve et al., 2022), 워크스테이션의 올바른 설정으로 바른 자세를 유도할 수 있고, 근골격계 질환을 감소시킬 수 있다고 보고하였다.

의자에 대한 바람직한 설정은 충분한 넓이, 편안한 등받이로 인한 지지, 높이나 등받이 각도를 조절가능 하도록 해야 하며, 앉을 시 깊이 앉도록 권장되고 있다(MEL, 2020). 의자의 등받이와 관련한 연구 중 Harrison, Harrison, Croft, Harrison & Troyanovich (2000)은 등받이 기울기가 120도 일 때 근육활동을 줄이는 가장 좋은 방법이라고 제시하고 있으며, Adams (2006)는 적절한 등받이에 의해 등 근육이 이완되고 척추 하중이 최소화되며, 등받이 사용이 통증을 줄일 수 있다(Vergara & Page, 2002). Groenesteijn, Vink, de Looze & Krause (2009)의 연구에서는 각 작업에 따른(VDT 작업, 독서 등) 알맞은 등받이(등받이 각도 및 모양)가 있다고 언급하여 직업에 맞는 등받이 사용을 권고하였다. 위 선행연구와 같은 의자 및 등받이 설정에 대한 안내에도 불구하고, 많은 사무직 종사자들은 의자를 최적으로 조정하지 않고 있다고 나타났다(Verbeek, 1991), 100명을 대상으로 한 Vink, Porcar-Seder, de Pozo & Krause (2007)의 연구에서도 사무직 종사자들의 63%가 의자의 등받이나 높이에 대한 설정을 하지 않는다고 확인되었다. 또한, 의자 등받이의 형태와 더불어 등받이를 지지하는 시간

에 따른 자세 및 근골격계 질환의 연관성을 확인한 연구도 진행되고 있다. Wang Lavender, Sommerich & Rayo (2022)의 연구에서는 작업부하에 따라 등받이에 기대는 시간이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 작업 종류나 시간의 흐름에 따라서 등받이 지지시간이 짧아질 수 있으며, 등받이를 통한 지지 기능이 감소됨을 의미한다. 이렇듯, 장시간 VDT 작업에서는 등받이 사용시간에 따라 근골격계 질환의 발생과 연관이 있을 것으로 예상된다. 알맞은 등받이를 사용한다는 것은 바른 자세를 취하는 것과 더불어 등받이를 지지하는 시간을 길게 한다는 것을 의미한다. 하지만 위에서 언급한 선행연구에서는 등받이 지지시간에 대해서 고려하지 않고 자세를 확인하였으며, 사용된 변인들도 움직임이 큰 동작에서 주로 사용하는 변인(관절각도, 평균제공근)에 치중한 연구가 다수였다. 따라서 동작 변화가 크지 않은 자세연구의 경우 수행시간에 따른 근육의 피로도에 대한 평가가 필요하므로 이를 보완할 수 있는 변인을 반드시 확인할 필요가 있다. 상체의 근골격계 질환을 평가하는 변인으로는 머리척추각(Craniovertebral angle, [CVA])과 굴곡-이완 근활성비율(Flexion-Relaxation Ratio, [FRR])이 있다. CVA는 두부전방자세를 판단하는 대표적인 지표이자 VDT 작업 시 근골격계 질환과의 연관성이 높다고 보고되고 있으며(Raine & Twomey, 1997), FRR (Pialasse, Dubois, Choquette, Lafond & Descarreaux, 2009)은 목과 허리와 같이 안정화를 담당하는 근육에서 최대 굴곡 전 근활성도가 낮아지는 현상을 바탕으로 목의 피로도를 평가할 수 있다.

이렇듯, 반복적인 VDT 작업은 근 긴장감을 지속시켜 근골격계 질환을 유발시킬 수 있으며(Borhany, Shahid, Siddique & Ali, 2018; Korhan & Mackieh, 2010), 근골격계 질환에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 의자와 등받이에 대한 연구는 다양하게 이루어지고 있으나(Chae & Kyung, 2010; Harrison et al., 2000; Wang et al., 2022), 위의 선행연구는 대부분 등받이를 지지하는 것에 대한 지시가 언급 되어있지 않아 수행시간 동안 등받이 지지여부를 확인하기 어렵다. 따라서 VDT 작업 시 의자 등받이에 충분하게 지지할 때 등받이 높이에 따라 근골격계 질환을 예측할 수 있는 생체역학적 요인을 살펴보는 것은 매우 의미있는 과제이다. 이에 본 연구의 목적은 의자 등받이 높이에 따른 운동역학적 차이 변화의 차이를 규명하는 것이다.

METHOD

1. 연구대상

본 연구의 연구대상자는 최근 6개월 이내에 근골격계 질환 또는 외과적 수술 경험이 없는 건강한 성인 남녀 20~30대 11명을 대상으로 선정하였다(남자: 8명, 나이: 31.0±3.2 yrs, 신

장: 174.8±3.9 cm, 몸무게: 69.3±26.1 kg, 하루 평균 컴퓨터 사용시간: 12.0±1.1 hours; 여자: 3명, 나이: 25.7±2.4 yrs., 신장: 161.3±4.0 cm, 몸무게: 51.7±2.1 kg, 하루 평균 컴퓨터 사용시간: 8.7±2.1 hours). 본 연구는 서울시 K 대학교 생명연구윤리 위원회의 승인(20221209-096)을 받아 실시되었다. 실험 전 모든 연구대상자에게 실험내용과 절차에 대한 설명을 충분히 설명하였으며, 자발적 참여 동의서를 받았다. 또한, 실험 전만에 걸쳐 COVID-19에 대비한 국가 방역지침을 충실히 이행하였으며, 실험 중 피험자가 실험 거부 의사 나타날 경우에 즉시 실험을 중지하고 연구에서 배제하였다.

2. 실험절차

본 연구에서는 등받이의 높이에 따라 근골격계 질환에 영향을 미치는 변인을 확인하고자, 등받이 높이(Backrest)를 (1) 높은 등받이(High, 75 cm), (2) 낮은 등받이(Mid, 45 cm), (3) 등받이 없음(No)으로 설정하여 분석하였다. 모든 대상자는 28개의 반사마커를 상지 및 의자에 부착하였고, 근전도 데이터를 취득하기 위하여 SENIAM (Surface Electro Myography for the Non-Invasive Assessment of Muscles)을 참고하여 주동측(오른쪽) 목세움근(Cervical Erector Spinae), 위등세모근(Upper Trapezius), 중간등세모근(Middle Trapezius), 아래등세모근(Lower Trapezius), 앞어깨세모근(Anterior Deltoid), 중간어깨세모근(Middle Deltoid), 노쪽손목굽힘근(Flexor Carpi Radialis), 자쪽손목펴기근(Extensor Carpi Ulnaris), 위팔두갈래근(Biceps Brachii)에 총 9개의 표면전극을 부착하였다. 대상자는 실험 전에 컴퓨터 작업을 익숙하게 수행하기 위하여 충분한 적응시간을 갖은 후에 <Figure 1>과 같이 3가지 등받이 높이의 의자에서 5분간 타이핑 작업을 수행하였으며, 등받이를 충분히



Figure 1. VDT work position.

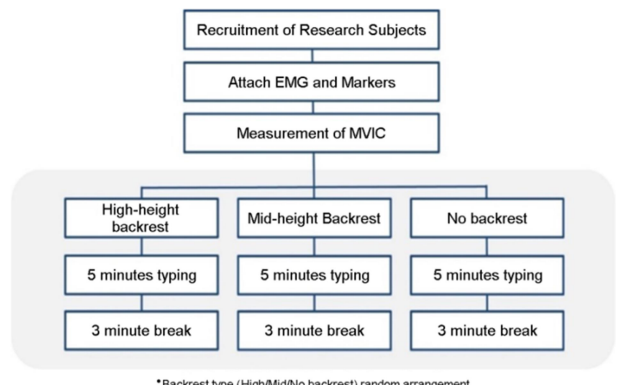
지지하도록 지시하였다. 이 때 타이핑 프로그램은 Monkey-type 웹사이트의 무료 프로그램을 활용하였다. 각 작업으로 인한 피로의 영향을 배제하기 위하여 각 조건 사이에 3분간 휴식시간이 제공되었다. 동작은 8대의 적외선카메라(Oqus 300+, Qualisys, Sweden; Sampling rate: 100 Hz)으로 녹화되었으며, 9개 채널의 근전도(Noraxon EMG Ultium ESP, USA) 채널을 통하여 취득 및 분석하였다(Sampling rate: 1,000 Hz).

3. 자료처리

이렇게 취득된 원자료(rawdata)는 노이즈를 제거하기 위하여 Butterworth 2nd order low-pass filter를 사용하여 차단주파수(cut-up frequency) 10 Hz로 필터링(filtering)하였다. 각 대상자의 데이터는 타이핑 5분 동안 작업 중 초반부, 후반부를 수집하여 처리하였고, 각 조건의 타이핑 작업이 끝난 후 머리의 굴곡-신전 변인 평가를 위한 근전도를 측정하였다(Figure 2, 3). 본 연구에서 사용된 운동학·운동역학적 변인들은 Visual3D (C-motion Inc, USA)와 EXCEL (Microsoft, USA)을 사용하였으며, CVA, FRR과 함께 손목, 팔꿈치, 어깨, 몸통각도와 각 근전도의 %MVIC를 분석하였다. 워크스테이션의 설정 유무와 작업 부하의 정도에 따라 근골격계 질환을 예측하는 변인 중 FRR의 차이를 확인하기 위해서 목의 최대 굴곡을 하는 평가를 진행하였다. 평가는 등을 기대지 않은 똑바로 앉은 자세(중립 자세)에서 시작하여서 총 4개 구간으로 나누어 5초 동안 동

| | | | | | | | | |
|-----------------|---|-----------------|---|---|------------|---|------|---|
| Data collection | | Data collection | | | Evaluation | | Rest | |
| Typing work | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

Figure 2. Data collection.



* Backrest type (High/Mid/No backrest) random arrangement

Figure 3. Procedures.

작을 진행하였다. 1구간은 중립자세에서 5초간 유지하는 단계, 2구간은 목을 5초 동안 천천히 최대 굴곡까지 이르는 단계, 3구간은 최대 굴곡자세를 5초간 유지하는 단계, 4구간은 중립자세로 5초간 돌아오는 단계로 나뉜다(Figure 4).

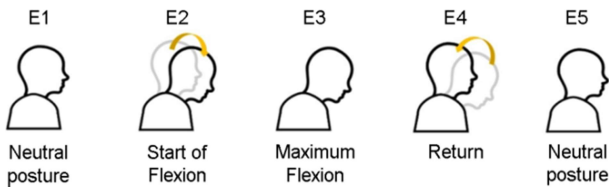


Figure 4. Events for TEST.

1) 머리척추각(CVA)

Tragus와 C7을 잇는 선과 C7의 수평선 사이의 각도로 계산하였다.

2) 상체각도(Upper Body Angle)

인체측정학 모델을 기준으로 대상자의 상지 각 관절에 부착한 반사마커의 좌표값은 벡터의 내적으로 상지관절각이 계산되었으며(Hamill & Ryu, 2003), 머리분절의 시상면 각도와 몸통분절의 시상면 각도를 계산하였다.

3) 상체 근활성도(Upper Body Muscle Activation)

상체에서 목과 등의 근활성도를 확인하기 위하여 목세움근, 위등세모근, 중간등세모근, 아래등세모근, 앞어깨세모근, 중간어깨세모근, 노쪽손목굽힘근, 자쪽손목편근, 위팔두갈래근에 근전도 센서를 부착하여 측정하였다. 노이즈를 제거하기 위하여 20~450 Hz로 Band-pass filtering을 실시한 후 정류(rectification)하였고, 평균제곱근(Root Mean Square, [RMS])으로 계산하였다. 각 측정 근육의 최대 자발적 등척성 수축(Maximum Voluntary Isometric Contraction, [MVIC])을 측정하여 %MVIC로 근활동 수준을 정규화(Normalization)하여 확인하였다.

4) 굴곡-이완 근활성비율(FRR)

측정방법은 최대 굴곡 진행 시(P3)의 목세움근의 평균 EMG를 중립자세로 복귀 시(P4)의 목세움근의 최대 EMG로 나누어 산출하였다.

$$FRR = \frac{\text{Maximum EMG} \in \text{Phase 4}}{\text{Average EMG} \in \text{Phase 3}}$$

4. 통계처리

본 연구의 통계처리는 SPSS 25.0 (IBM, USA)를 이용하였고, 시간의 흐름에 따른 변화와 등반이 종류에 따른 상지의 운동학·운동역학적 차이를 알아보기 위하여 이원 반복측정 변량분석(two-way ANOVA with repeated measure)이 수행되었으며, 등반이 종류에 따른 FRR의 차이를 확인하기 위하여 반복측정 변량분석(ANOVA with repeated measure)이 수행되었다. 시간의 흐름과 등반이 종류에서 주효과가 유의한 차이를 보인 경우 Bonferroni 사후검정(post-hoc)을 실시하였다. 통계적 유의 수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

RESULTS

1. 머리척추각(CVA)

CVA 분석결과, 시간에 따른 주효과는 유의한 차이가 나타나지 않았으며($F=.951, p=.352$), 등반이에 따른 주효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=.205, p=.817$). 하지만 등반이와 시간과의 상호작용효과는 유의한 차이가 나타났으며($F=10.889, p=0.08$), 작업시작 초반에 비하여 작업 후반에 높은 등반이에서 작업할 때 등반이가 없을 때보다 CVA가 더 작아졌다(Table 1).

2. 상체 각도

머리각도(Cervical angle) 분석결과, 시간에 따른 주효과는 유의한 차이가 나타나지 않았으며($F=.350, p=.567$), 등반이에 따른 주효과는 유의한 차이가 나타났으며($F=4.749, p=.021$), 사후검정 결과 높은 등반이보다 등반이가 없을 때 더 작게 나타났다. 하지만 등반이와 시간과의 상호작용효과는 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=.503, p=.612$, Table 2). 몸통각도(Trunk angle) 분석결과, 시간에 따른 주효과의 유의한 차이가 나타났으며($F=17.034, p=.002$). 등반이에 따른 주효과도 유의한 차이가 나타났으며($F=8.903, p=.009$), 사후검정 결과 높은 등반이와 낮은 등반이의 경우 등반이가 없을 때보다 낮게 나타났다. 하지만 등반이와 시간과의 상호작용효과는 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=1.402, p=.269$, Table 2).

3. 상체 근활성도

목세움근 분석결과, 시간에 따른 주효과의 유의한 차이가

Table 1. Craniovertebral angle and statistics

(Unit: degree)

| | Backrest | Time | | <i>F</i> | <i>p</i> |
|-----|----------|-------|--------------------|---------------|----------|
| | | Early | Late | | |
| CVA | High | 37.56 | 37.76 | Time | .951 |
| | Mid | 38.03 | 37.97 | Backrest | .205 |
| | No | 38.18 | 37.27 [†] | Time*Backrest | 3.632 |

Bold indicates significantly different, [†]indicates significantly difference with High

Table 2. Upper body angle and statistics

(Unit: degree)

| | Backrest | Time | | <i>F</i> | <i>p</i> |
|----------------|----------|--------------------|--------------------|---------------|----------|
| | | Early | Late | | |
| Cervical angle | High | 1.98 | 1.94 | Time | .350 |
| | Mid | 1.13 | 0.71 | Backrest | 4.749 |
| | No | -0.84 [†] | -1.50 [†] | Time*Backrest | .503 |
| Trunk angle | High | 3.03 | 3.72 [*] | Time | 17.034 |
| | Mid | 2.77 | 4.51 [*] | Backrest | 8.903 |
| | No | 7.08 ^{**} | 8.08 ^{**} | Time*Backrest | 1.402 |

Bold indicates significantly different, ^{*}indicates significantly difference with Early, [†]indicates significantly difference with High, ^{**}indicates significantly difference with Mid

나타났으며($F=6.291$, $p=.031$), 등받이에 따른 주효과는 유의한 차이를 보이지 않았다($F=2.535$, $p=.138$). 등받이와 시간과의 상호작용효과는 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=.309$, $p=.737$). 위등세모근의 근육 활성도를 분석한 결과, 시간에 따른 주효과의 유의한 차이가 나타나지 않았으며($F=.098$, $p=.761$), 등받이에 따른 주효과는 유의한 차이가 나타났다($F=5.914$, $p=.010$). 등받이가 없는 경우, 높은 등받이보다는 작게, 낮은 등받이보다는 크게 나타났다. 등받이와 시간과의 상호작용효과는 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=.649$, $p=.533$). 중간등세모근의 근육 활성도를 분석한 결과, 시간에 따른 주효과의 유의한 차이가 나타나지 않았으며($F=1.796$, $p=.217$), 등받이에 따른 주효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=2.1844$, $p=.145$). 등받이와 시간과의 상호작용효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=3.579$, $p=.052$). 앞어깨세모근 분석결과, 시간에 따른 주효과의 유의한 차이가 나타나지 않았으며($F=.454$, $p=.516$), 등받이에 따른 주효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=.137$, $p=.873$). 등받이와 시간과의 상호작용효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=.064$, $p=.938$). 중간어깨세모근의 근육 활성도를 분석한 결과, 시간에 따른 주효과의 유의한 차이가 나타나지 않았으며($F=.479$,

$p=.504$), 등받이에 따른 주효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=.182$, $p=.835$). 등받이와 시간과의 상호작용효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=2.719$, $p=.090$). 위팔두갈래근의 근육 활성도를 분석한 결과, 시간에 따른 주효과의 유의한 차이가 나타나지 않았으며($F=.140$, $p=.716$), 등받이에 따른 주효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=1.011$, $p=.382$). 등받이와 시간과의 상호작용효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=2.669$, $p=.094$). 노쪽손목굽힘근의 근육 활성도를 분석한 결과, 시간에 따른 주효과의 유의한 차이가 나타나지 않았으며($F=.241$, $p=.634$), 등받이에 따른 주효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=1.186$, $p=.303$). 등받이와 시간과의 상호작용효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=.750$, $p=.413$). 자쪽손목굽힘근의 근육 활성도를 분석한 결과, 시간에 따른 주효과의 유의한 차이가 나타나지 않았으며($F=3.143$, $p=.107$), 등받이에 따른 주효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=3.406$, $p=.053$). 등받이와 시간과의 상호작용효과도 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=1.411$, $p=.267$, Table 3).

Table 3. Muscle activation and statistics

| | Backrest | Time | | | <i>F</i> | <i>p</i> |
|-------------------------|----------|--------------------|--------------------|---------------|----------|-------------|
| | | Early | Late | | | |
| Cervical erector spinae | High | 70.45 | 71.47* | Time | 6.291 | .031 |
| | Mid | 65.83 | 67.10* | Backrest | 2.535 | .138 |
| | No | 66.71 | 68.76* | Time*Backrest | .309 | .737 |
| Upper trapezius | High | 73.11 | 69.44 | Time | .098 | .761 |
| | Mid | 53.68 | 55.97 | Backrest | 5.914 | .010 |
| | No | 62.16 [#] | 60.94 [#] | Time*Backrest | .649 | .533 |
| Middle trapezius | High | 15.44 | 15.16 | Time | 1.796 | .217 |
| | Mid | 15.41 | 14.79 | Backrest | 2.184 | .145 |
| | No | 16.58 | 15.04 | Time*Backrest | 3.579 | .052 |
| Anterior deltoid | High | 9.54 | 9.31 | Time | .454 | .516 |
| | Mid | 9.43 | 9.32 | Backrest | .137 | .873 |
| | No | 9.65 | 9.55 | Time*Backrest | .064 | .938 |
| Middle deltoid | High | 7.70 | 7.84 | Time | .479 | .504 |
| | Mid | 7.74 | 7.68 | Backrest | .182 | .835 |
| | No | 7.94 | 7.68 | Time*Backrest | 2.719 | .090 |
| Biceps brachii | High | 299.16 | 299.69 | Time | .140 | .716 |
| | Mid | 299.42 | 298.94 | Backrest | 1.011 | .382 |
| | No | 299.17 | 298.86 | Time*Backrest | 2.669 | .094 |
| Flexor carpi radialis | High | 99.75 | 81.07 | Time | .241 | .634 |
| | Mid | 68.84 | 73.37 | Backrest | 1.186 | .303 |
| | No | 64.82 | 65.36 | Time*Backrest | .750 | .413 |
| Extensor carpi ulnaris | High | 72.73 | 77.28 | Time | 3.143 | .107 |
| | Mid | 80.19 | 85.66 | Backrest | 3.406 | .053 |
| | No | 81.33 | 79.91 | Time*Backrest | 1.411 | .267 |

Bold indicates significantly different, *indicates significantly difference with Early, †indicates significantly difference with High, #indicates significantly difference with Mid

4. 굴곡-이완 근활성비율(FRR)

등받이 종류에 따른 FRR의 차이를 확인하기 위하여 반복 측정 변량분석(ANOVA with repeated measure)을 수행한 결과, FRR의 등받이 종류에 따른 차이는 유의한 차이가 나타나지 않았다($F=.116$, $p=.741$, Table 4).

Table 4. Flexion-Relaxation Ratio (FRR) and statistics

| | Backrest | MEAN | SD | <i>F</i> | <i>p</i> |
|-----|----------|------|----|----------|----------|
| | | | | | |
| Mid | 1.904 | 0.50 | | | |
| No | 1.896 | 0.48 | | | |

Bold indicates significantly different

DISCUSSION

현대사회는 컴퓨터 사용이 필수가 되어 있으며 사무직 직장인의 다수는 하루 7시간 이상의 컴퓨터 작업을 한다. 이는 장시간 지속적으로 한 가지 동작을 유지하게 되며, 이에 따라 근골격계 질환을 유발하게 될 수 있음을 의미한다. 이런 근골격계 질환을 예방하기 위해서 다양한 방안들이 제시되는데, 자세를 매시간마다 변경하거나, 바른 자세를 유지하도록 컴퓨터 워크스테이션을 설정하는 것이다. 워크스테이션을 설정하는 다양한 방법 중에서 주로 활용되고 연구되고 있는 방법은 책상 높이나 모니터 위치를 변경하는 것이다. 다수의 모니터와 책상연구에 반하여 의자에 관한 연구는 등받이의 각도나 쿠션 등의 편안함을 확인한 선행연구가 다수이다. 의자는 허리를 지지하는 목적으로 사용되며, 바른 자세를 유지하도록 한다. 이에 본 연구에서는 등받이 높이가 서로 다른 의자를 비교하여, 의자의 등받이 높이에 따른 운동역학적 차이 및 근골격계 질환 발생과 관련된 여러 변인들의 차이를 확인하고 더 나아가 적절한 의자 높이 선택에 대한 정보를 주고자 하였다.

본 연구결과 CVA는 컴퓨터 작업을 시작한 뒤 시간에 따른 차이와 등받이 종류에 따른 차이는 나타나지 않았지만, 상호작용효과가 나타났다. CVA는 두부전방자세(Forward Head Posture, FHP)를 판단하는 대표적인 지표로 사용되고, 두부전방자세에 가까워질수록 CVA가 작아진다고 보고하고 있다 (Raine & Twomey, 1997). 또한 컴퓨터 사용으로 인한 근골격계 질환인 VDT 증후군의 발생과 연관이 있다고 보고되었다. 선행연구에서는 모니터 크기가 작을 때 글씨의 크기가 작아져서 글자를 잘 보기 위해 머리를 모니터 방향으로 이동시킴에 따라 CVA가 작게 나타났으며, 이는 근골격계 질환의 발생과 높은 관련이 있다고 언급하고 있다. 본 연구에서는 각 의자 등받이 종류에 따른 차이가 컴퓨터 사용 초반에는 나타나지 않지만, 시간이 지남에 따라 높은 등받이에 앉아서 컴퓨터 작업을 했을 때 CVA가 높아졌으며, 의자 등받이가 없을 때는 높았던 CVA가 낮아지는 경향이 나타났다. 이는 CVA가 등받이 종류와 컴퓨터 사용시간에 따라서 상호작용효과를 나타내어 의자 등받이가 없을 때 다른 의자에 비하여 많이 변화한다는 것을 확인할 수 있는 결과이다. 또한 등받이가 없는 경우는 시간이 지남에 따라 유의한 차이가 나타나진 않았지만, CVA가 낮아지는 경향성이 나타났다. 각 의자에 대한 차이나, 시간의 흐름에 따른 변화로 인한 CVA의 변화를 확인할 수 없었던 이유는 각 의자에 따라 초기 CVA와 컴퓨터 작업을 수행 후의 CVA가 각 의자에 따라 차이가 있었기 때문으로 판단된다.

의자 등받이 종류와 시간에 따른 변화에 의한 운동학적 차이를 확인한 결과, 머리각도와 몸통각도는 등받이의 종류에

따른 차이가 나타났으며, 몸통각도는 등받이 종류와 컴퓨터 사용시간에 따른 차이가 함께 나타났다. 머리각도의 경우 의자 등받이가 높을 때 고개를 덜 숙이는 것으로 나타났으며, 의자 등받이가 없을 때 고개를 숙이는 것으로 나타났다. 또한, 컴퓨터 사용시간이 지남에 따라 고개를 점차 더 숙이는 경향을 나타냈다. 이는 컴퓨터 사용시간이 길었다면 유의한 차이가 나타날 수 있었을 것으로 예상되는 결과이다. 몸통각도의 경우 의자 등받이의 종류와 컴퓨터 사용시간에 따른 유의한 차이가 나타났으며, 시간이 지남에 따라서 몸통을 숙이고 높은 의자 등받이를 사용했을 때 등받이가 없는 것에 비하여 몸통을 세우는 것으로 나타났다. 선행연구에서 컴퓨터 워크스테이션에서 화면 높이가 증가함에 따라 목의 굴곡이 감소하였으며, 목 굴곡이 목 근활성도와 높은 상관관계가 나타났다 (Villanueva et al., 1997). 이는 목의 굴곡으로 인하여 머리가 앞으로 전진하고 이에 따라 기계적 부하가 증가하는 것을 의미한다 (Yu, James, Edwards & Snodgrass, 2018). 즉 본 연구에서 의자 등받이가 없을 때 고개를 숙이게 되는 것은 의자 등받이가 높을 때에 비하여 목의 근골격계 질환 발생이 높아질 수 있음을 의미한다. 또한 몸통각도가 점차 굽혀진 것은 머리각도가 굴곡되면서 기계적 부하가 높아지면서 몸통을 화면 방향으로 움직여서 목에 가해지는 부하를 줄이고, 자세를 편안하게 하기 위함으로 판단된다.

신체의 각도 변화와 함께 근육활동은 해당 근육 주변부의 불편함과 부하로 평가된다 (Aarås, Horgen & Ro, 2000). 또한 등 근육활동은 어깨와 목 등 상부 등의 자세에 의해 영향을 미친다 (Kamil & Dawal, 2015). 따라서 컴퓨터 작용 중의 목, 어깨, 등의 자세와 근육활동을 함께 평가하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 목세움근, 위등세모근, 중간등세모근, 아래등세모근, 앞어깨세모근, 중간어깨세모근, 위팔두갈래근, 노쪽손목굽힘근, 노쪽손목펴기 총 9개 근활성도를 측정하여 비교하였다. 다수의 근육 중 목세움근의 근활성도에서는 시간에 따른 근활성도 차이가 나타났으며, 위등세모근의 근활성도에서는 등받이에 따른 차이가 나타났다. 본 연구에서의 목세움근의 결과는 컴퓨터 사용시간이 지남에 따른 자세에 변화가 생겨 근활성도가 증가한 것으로 보여지며, 타이핑 작업 시 목과 어깨 굴곡과 위등세모근의 근활성도가 높게 나타나는 연구 (Yang & Cho, 2012), Yadegaripour, Hadadnezhad, Abbasi, Eftekhari & Samani (2021)의 연구의 타이핑에 따른 목세움근의 근활성도가 높아지는 결과와 동일하게 나타났다. 본 연구결과 앞어깨세모근의 근활성도는 시간에 따른 차이가 나타나지 않았으며, 등받이에 대한 차이도 나타나지 않아 선행연구에서 앞어깨세모근이 시간에 따른 차이를 나타낸 것과 상이한 결과를 보였다. 이는 본 연구에서 컴퓨터 사용시간이 짧았기 때문이라고 생각되며, 추후에 장시간의 컴퓨터 활동으로 근활성도를 확인할 필요가 있다.

본 연구에서 근육의 피로도를 정량화 하는 변인으로 FRR을 확인하였다. FRR은 짧은 시간과 낮은 부하에서도 변화가 잘 나타나는 것으로 알려져 있으며(Zabihhosseinian, Homes, Ferguson & Murphy, 2015), 안정화를 담당하는 허리와 목에서 주로 평가할 수 있다. 의자 등받이에 따른 본 연구결과는 모든 등받이에서 평균 1.85를 나타냈으며, 2.5보다 낮은 경우 목에 통증이 있거나 이상이 있다는 선행연구(Pialasse et al., 2009)보다 낮은 수치였다. 이는 근육에 피로가 있다는 것을 의미할 수 있는데, 본 연구의 참여자들의 일상적인 컴퓨터 시간이 하루 평균 12시간으로 나타나, 근육에 대한 피로로 평가할 수도 있을 것으로 생각된다. 의자 등받이에 대한 차이와 시간에 따른 차이는 유의하게 나타나지 않은 것으로 보아, 굴곡-이완 근활성비율에 대한 평가를 위하여 다수의 피험자를 대상으로 확인이 필요하다고 판단된다.

CONCLUSION

본 연구의 목적은 의자의 등받이 높이에 따라서 운동역학적 차이 및 근골격계 질환 발생과 관련된 변인의 차이를 확인하고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다. 의자 등받이의 높이에 따라 CVA는 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 시간에 따른 변화와 상호작용효과를 나타냈다. 의자 등받이가 없이 작업했을 때 컴퓨터 작업에 따라 CVA가 의자 등받이가 있는 다른 의자에 비하여 낮아졌다. 머리각도는 의자 등받이가 높을수록 머리의 굴곡이 작게 나타났으며, 몸통각도의 경우 높은 등받이와 낮은 등받이에서 등받이가 없는 의자와 비교했을 때 몸통의 굴곡이 적어지는 것으로 나타났다. 몸통각도의 경우 컴퓨터 사용시간에 따라 몸통으로 앞으로 굽히는 것으로 나타났다. 상체의 근활성도의 경우 목과 몸통각도를 통한 결과와는 다르게 나타났는데, 높은 등받이 의자를 사용했을 때 더 높은 근활성도 수치가 나타났고, 낮은 등받이 의자 사용 시 가장 낮은 근활성도의 경향성이 나타났다. 목세움근의 경우 시간에 따른 차이를 보였으며, 위등세모근은 낮은 등받이 의자의 사용이 근육활성도가 낮은 것으로 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 의자 등받이에 지지했을 때 신체 각도가 굴곡되지 않고 올바르게 세워져 있지만, 그 의자 등받이의 높이는 높은 것보다 낮을 때 더 효율적으로 사용한 것으로 보여진다.

따라서 위 연구결과를 종합해보면 의자 등받이는 타이핑 작업 시 어깨와 목 근골격계 질환에 영향을 미치며, 높은 등받이 의자가 좋을 것이라는 예상과는 다르게 중간 높이의 등받이 의자가 근골격계 질환 예방에 도움이 될 수 있다고 판단된다. 추가적으로 컴퓨터 사용시간을 높이고 다수의 대상자를 대상으로 하여, 연구를 보강한다면 의자 등받이와 근골격계 질환과의 관계를 기반으로 한 의자 등받이를 제작 및

사무 작업용 의자를 선택하는데 있어서 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Aarås, A., Horgen, G. & Ro, O. (2000). Work with the visual display unit: Health consequences. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 12(1), 107-134.
- Adams, M. A. (2006). Wie beeinflusst die Sitpositionen die Lastverteilung in der Bandscheibe und ihre Ernährung. *Ergonomics*, 2, 46-63.
- Borhany, T., Shahid, E., Siddique, W. A. & Ali, H. (2018). Musculoskeletal problems in frequent computer and internet users. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 7(2), 337-339.
- Chae, Y. & Kyung, G. (2010). Effects of chair design and task difficulty on typing postures and muscle activities. *Journal of the HCI Society of Korea HCI2010* (pp. 289-292).
- Gholami, M., Choobineh, A., Abdoli-Eramaki, M., Dehghan, A. & Karimi, M. T. (2022). Investigating effect of keyboard distance on the posture and 3D moments of wrist and elbow joints using OpenSim. *Applied Bionics and Biomechanics*, 2022.
- Groenesteijn, L., Vink, P., de Looze, M. & Krause, F. (2009). Effects of differences in office chair controls, seat and backrest angle design in relation to tasks. *Applied Ergonomics*, 40(3), 362-370.
- Hamill, J. & Ryu, J. S. (2003). Experiment in Sport Biomechanics. Daehanmedia.
- Harrison, D. D., Harrison, S. O., Croft, A. C., Harrison, D. E. & Troyanovich, S. J. (2000). Sitting biomechanics, part II: optimal car driver's seat and optimal driver's spinal model. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 23(1), 37-47.
- Health Insurance Review and Assessment Service. (2020). Retrieved from <https://www.hira.or.kr/bbsDummy.do?pgmid=HIRAA020041000100&brdScnBltno=4&brdBltno=10167>.
- Holzgreve, F., Maurer-Grubinger, C., Fraeulin, L., Bausch, J., Groneberg, D. A. & Ohlendorf, D. (2022). Home office versus ergonomic workstation-is the ergonomic risk increased when working at the dining table? An inertial motion capture based pilot study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(1), 1-10.
- Kamil, N. S. M. & Dawal, S. Z. M. (2015). Effect of postural angle on back muscle activities in aging female workers

- performing computer tasks. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(6), 1967-1970.
- Korhan, O. & Mackieh, A. (2010). A model for occupational injury risk assessment of musculoskeletal discomfort and their frequencies in computer users. *Safety Science*, 48(7), 868-877.
- Ministry of Employment and Labor. (2020). Retrieved from http://www.moel.go.kr/info/lawinfo/instruction/view.do;jsessionid=11yXiBb94GjJP4MS1bqw8aeU2giG63eyMyLYV Cvr156AXj3s4c5bUE8gNMQAnWa1.moel_was_outside_ser vlet_www1?bbs_seq=20200100353.
- Parihar, J. K. S., Jain, V. K., Chaturvedi, P., Kaushik, J., Jain, G. & Parihar, A. K. (2016). Computer and visual display terminals (VDT) vision syndrome (CVDTs). *Medical Journal Armed Forces India*, 72(3), 270-276.
- Pialasse, J. P., Dubois, J. D., Choquette, M. H. P., Lafond, D. & Descarreaux, M. (2009). Kinematic and electromyographic parameters of the cervical flexion-relaxation phenomenon: The effect of trunk positioning. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 52(1), 49-58.
- Raine, S. & Twomey, L. T. (1997). Head and shoulder posture variations in 160 asymptomatic women and men. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78(11), 1215-1223.
- Verbeek, J. (1991). The use of adjustable furniture: Evaluation of an instruction programme for office workers. *Applied Ergonomics*, 22(3), 179-184.
- Vergara, M. & Page, Á. (2002). Relationship between comfort and back posture and mobility in sitting-posture. *Applied Ergonomics*, 33(1), 1-8.
- Villanueva, M. B. G., Jonai, H., Sotoyama, M., Hisanaga, N., Takeuchi, Y. & Saito, S. (1997). Sitting posture and neck and shoulder muscle activities at different screen height settings of the visual display terminal. *Industrial Health*, 35(3), 330-336.
- Vink, P., Porcar-Seder, R., de Pozo, Á. P. & Krause, F. (2007). Office chairs are often not adjusted by end-users. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 51, No. 17, pp. 1015-1019). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Wang, X., Lavender, S. A., Sommerich, C. M. & Rayo, M. F. (2022). Exploring the relationships between computer task characteristics, mental workload, and computer users' biomechanical responses. *Ergonomics*, 65(9), 1256-1265.
- Yadegaripour, M., Hadadnezhad, M., Abbasi, A., Eftekhari, F. & Samani, A. (2021). The effect of adjusting screen height and keyboard placement on neck and back discomfort, posture, and muscle activities during laptop work. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 37(5), 459-469.
- Yang, J. F. & Cho, C. Y. (2012). Comparison of posture and muscle control pattern between male and female computer users with musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*, 43(4), 785-791.
- Yim, S., Park, H. & Kim, H. (2000). Assessing Muscle Tensions During VDT Works with Surface Electromyography. *Korean Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 12(4), 524-536.
- Yu, Z., James, C., Edwards, S. & Snodgrass, S. J. (2018). Differences in posture kinematics between using a tablet, a laptop, and a desktop computer in sitting and in standing. *Work*, 61(2), 257-266.
- Zabihhosseinian, M., Holmes, M. W., Ferguson, B. & Murphy, B. (2015). Neck muscle fatigue alters the cervical flexion relaxation ratio in sub-clinical neck pain patients. *Clinical Biomechanics*, 30(5), 397-404.