

경추 견인과 신경가동운동이 경추 신경근병증을 가진 컴퓨터 종사자의 통증, 기능장애, 근력에 미치는 영향

정민근¹⁾, 김선엽²⁾

대전대학교 대학원 물리치료학과¹⁾, 대전대학교 자연과학대학 물리치료학과²⁾

The Effects of Cervical Traction and Nerve Mobilization Exercise on Pain, Disability and Muscle Strength in Computer Workers with Cervical Radiculopathy

Min-Keun Jung¹⁾, Suh-yeop Kim²⁾

Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Daejeon University¹⁾

Dept. of Physical Therapy, College of Natural Science, Daejeon University²⁾

Key Words:

Cervical radiculopathy, Cervical traction, Computer worker, Neural mobilization technique

ABSTRACT

Background: This study examined the effects of cervical traction group and cervical traction & nerve mobilization exercise group after applying conservative physical therapy to Computer Workers with Cervical Radiculopathy. **Methods:** They were randomly divided into two groups: 18 subjects were cervical traction group, 22 subjects were cervical traction and nerve mobilization exercise group. Each group performed its own exercise 30 minutes per day, three times per week, for 4 weeks. Pain intensity was measured by the visual analogue scale (VAS) and neck disability index (NDI). Cervical extensor muscles strength (CEMS) was measured by the Pressure biofeedback unit. Grasping power (GP) was measured by the Grip Track Commander. **Results:** After 4 weeks therapy, VAS and NDI were significantly reduced in both groups ($p<.05$) and CEMS and GP were significantly increased in both groups ($p<.05$). Significant differences were also evident between the two groups for these three measurements ($p<.05$). **Conclusions:** cervical traction and nerve mobilization exercise group is more effective than cervical traction group for reducing VAS and NDI and increasing GP in computer workers with cervical radiculopathy.

I. 서론

모든 세계에서 많은 사람들은 컴퓨터를 거의 필수적으로 사용하고 있다. 그러나 집중적인 컴퓨터 사용과 관련된 건강에 부정적인 영향의 증가가 보고되고 있다. 작업 관련 근골격계 질환(work-related musculoskeletal disorders; WMSD)의 높은 유병률은 직장인 중에 컴퓨터 사용자에게서 나타났다(Bernard 등, 1994; Buckle과 Devereux, 2002; Gerr 등, 2004). 또 다른 연구에서는 다양한 작업을 컴퓨터로 수행하는 동안 목이나 어깨에

만성통증을 일으키는 방식으로 근육 활동이 증가 되었다고 보고되었다(Szeto 등, 2005a-b). 컴퓨터를 자주 사용하는 직업을 가진 사람들에게서 목통증과 함께 목과 어깨의 저림 증상이 나타났다.

미국의 국립 산업 안전 보건 연구원(National Institute for Occupational Safety and Health; NIOSH, 1997)에서 정의하는 것은 직업적 근골격계 장애는 근육, 건, 신경, 관절, 인대, 디스크, 연골 등에 순간적 또는 갑작스러운 사건으로 인한 급성의 경우가 아니라 작업 환경 또는 수행과 연관되어 점진적이고 만성적으로 나타나며, 의학적 또는 이학적 검사에 의해 진단된 경미한 증상, 국소적인 정도에서부터 만성적인 상태까지를 그 범위로 정하고 있고, 목, 어깨, 위팔관절이나 위

교신저자: 김선엽(대전대학교, kimsy@dju.kr)

논문접수일: 2014.10.30, 논문수정일: 2014.11.13

게재확정일: 2014.11.24

팔부위 또는 손이나 손목 관절 부위에 통증, 경직, 작열감, 저림 등의 증상이 일주일 이상으로 지속되거나 일년 동안 최소 한 달에 한번 이상으로 증상이 발현되는 경우로 직업에 관련된 증상의 발현이 모두 포함되었다.

만성 통증 또는 신체의 장애가 될 수 있는 경추 신경병증의 병리적 상태는 목의 통증과 저림 증상을 동반한 경추 신경병증이다(Eubanks, 2010; Kuijper 등, 2009; Rubinstein 등, 2007). 신경근병증의 정의는 신경공 주위의 신경근 또는 신경근으로 인한 압박과 염증의 결과로 경추에서부터 시작된 신경근 이상이다(Abbed와 Coumans, 2007). 모든 경추 신경근병증은 경추 6,7번 사이에서 약 85%정도 발생되었다(Malanga, 1997). 최근 연구에서 경추 신경근병증으로 인한 통증은 신경근 주위의 기계적 압박 또는 화학적 염증 자극이라고 보고되었다(Nee와 Butler, 2006; Beneciuk 등, 2009). 경추 신경병증의 일반적인 증상과 징후는 견갑골 통증, 상지의 통증, 저림, 이상감각 또는 근위축이고 두통과 경부 통증을 가질 수 있다(Persson과 Carlsson, 1999).

경추 신경근병증의 재활프로그램은 일반적으로 다양하고 여러 가지 물리치료적인 방법을 포함한다. 그 중에 경추 견인(외상 후 목 통증의 치료에 사용되는)은 자주 사용된다(Revel, 2003). 경추 견인은 경추 신경공을 넓혀주고 디스크 내 압력을 감소시켜 통증을 억제하므로 적용할 수 있다(Takasaki 등, 2009).

신경가동운동은 신경의 협착과 기계적 민감성을 감소시키고, 신경활주를 촉진시켜 경추 신경근병증의 구조와 기능을 회복시켜 정상화하는데 사용되었다(Butler, 2000; Coppieters와 Butler, 2008). 또한 경추 견인과 신경가동운동은 즉각적인 진통효과로 경추 신경병증을 관리한다고 보고되었다(Coppieters와 Butler, 2008; Maitland 등, 2005). 그러나 견인과 신경가동운동을 함께 적용하여 경추 신경근병증을 가진 컴퓨터 종사자에게 적용한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 경추 신경근병증을 가진 컴퓨터 종사자에게 경추 도수견인과 신경가동운동을 적용하였을 때 각 도수치료의 통증, 목신전근의 근력, 악력의 변화를 알아보고, 각 도수치료의 차이를 확인함으로써 도수치료의 효과를 알아보기 위해 본 연구를 시행하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 2014년 4월부터 10월까지 서울 소재 M 병원에 내원하여 전문의로부터 경추 신경근병증으로 진

단받은 자 중 이 연구의 목적과 방법에 대해 충분한 설명을 듣고, 자발적으로 실험참여에 동의한 성인 50명을 대상으로 하였다. 대상자는 적어도 지난 2~3년 동안 컴퓨터 작업을 1~2시간을 지속적으로 사용하고, 키보드를 칠 때 각각 손의 손가락 4개 이상 사용하며, 현재나 과거에 편측 상지 통증과 저림 감각이나 이상감각을 호소하고, 상지긴장검사, 스퍼링(Spurling) 검사, 경추회전 각도가 60도 이하로 제한되거나, 견인검사와 같은 임상적 검사 중 3개 이상에서 양성 반응을 보인자로 하였다. 또한 대상자 중 경추부에 수술을 경험했거나, 경추부 골절 환자들은 제외하였다.

일차적으로 초기 검사 대상자 50명 중 선별조건에 해당되지 않는 10명을 제외되었다. 최종 선별된 40명을 무작위로 견인치료를 적용한 군(실험군1)과 신경가동운동을 동반한 견인치료를 적용한 군(실험군2)으로 배정하여 연구를 진행하였다(Table 1).

2. 평가도구 및 측정방법

1) 통증수준

본 연구에서는 대상자가 인식하는 목통증 정도를 평가하기 위해 시각적상사척도(visual analogue scale; VAS)를 사용하였다. 측정 방법은 1-10까지 표시되어 있는 10cm 선에 대상자가 느끼고 있는 통증의 강도를 직접 표시하게 하였다. 점수는 0점에서 10점까지 이며, 통증이 없는 상태를 0, 참을 수 없는 통증의 정도를 10점으로 정의하였다. 이 척도는 피 실험자가 통증 정도를 표현하는데 있어 높은 재현성을 보이는 척도법으로 신뢰도 $r=.76-.84$ (Boonstra 등, 2008)로 통증 강도를 평가하는데 가장 널리 사용되고 있는 방법이다.

2) 경부 기능장애수준

경부의 기능장애수준을 평가하기 위한 경부 기능장애지수(NDI) 설문지를 이용하였다. 이 도구는 총 10문항으로 구성되어 있으며 대상자의 경부통과 기능장애수준을 평가하도록 고안되었다. 세부항목으로는 통증강도와 일상생활, 들어올리기, 읽기, 두통, 집중도, 일, 운전, 수면, 여가생활의 10개 항목에 대하여 각각 6개의 보기 중 하나를 선택하게 되어 있다. 각 항목의 점수는 0-5점으로 되어 있으며, 한국어판으로 번역된 경부 기능장애지수는 높은 신뢰도와 타당도를 보인다(Song 등, 2010).

3) 악력수준

악력의 측정은 디지털 악력기(Grip Track Commander,

Jtech medical, USA)를 사용하여 측정하였다. 3회 반복 측정 후 그 평균값을 사용하였다. 악력검사자세는 1981년 미국 수부치료사협회(American Society of Hand Therapists)에서 제시한 파악력 검사를 위한 표준화된 피검자의 측정자세인 팔걸이가 없는 의자에 앉은 자세에서 견관절을 내전하고 중립으로 회전한 상태에서 주관절을 굴곡 시키고 손목관절을 중위로 한 자세를 채택하였다(Fess와 Moran, 1981).

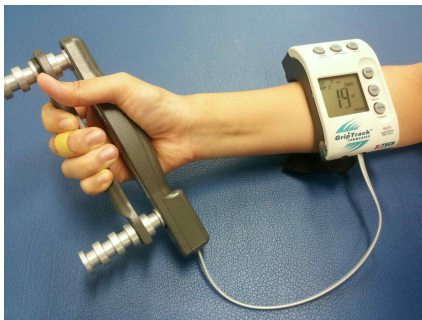


Fig 1. Grip power test using grip dynamometer

4) 목신전근 근력수준

목 신전근의 근력은 압력계(Pressure biofeedback unit, Chattanooga Group Inc., Hixson, USA)를 이용하여 평가하였다. 환자가 바로 누운 자세에서 공기 주머니를 목에 위치시키고 압력은 40 mmHg를 기준으로 목의 신전근을 수축시키기 위해 턱을 아래방향으로 누르게 하여 근력을 측정하였다. 모든 연구 대상자들은 3번 측정 후 평균값을 결과 값으로 사용하였다. 측정자간 신뢰도는 ICC=.82-.92를 보였다(Dunnr과 Maura, 2003)(Fig 2).



Fig 2. Neck extensor muscle testing using pressure biofeedback unit

3. 중재방법

본 연구의 대상자는 일반적인 물리치료로 온습포를 20분, 초음파 1.5 W/cm² 강도로 5분, 경피신경전자극 치료기 4pps 빈도와 근수축이 감지되는 정도의 강도로

20분을 실시 후 경추견인을 적용한 실험군1과 경추 견인과 신경가동운동을 적용한 실험군2에게 10분 동안 치료를 각각 적용하였다.

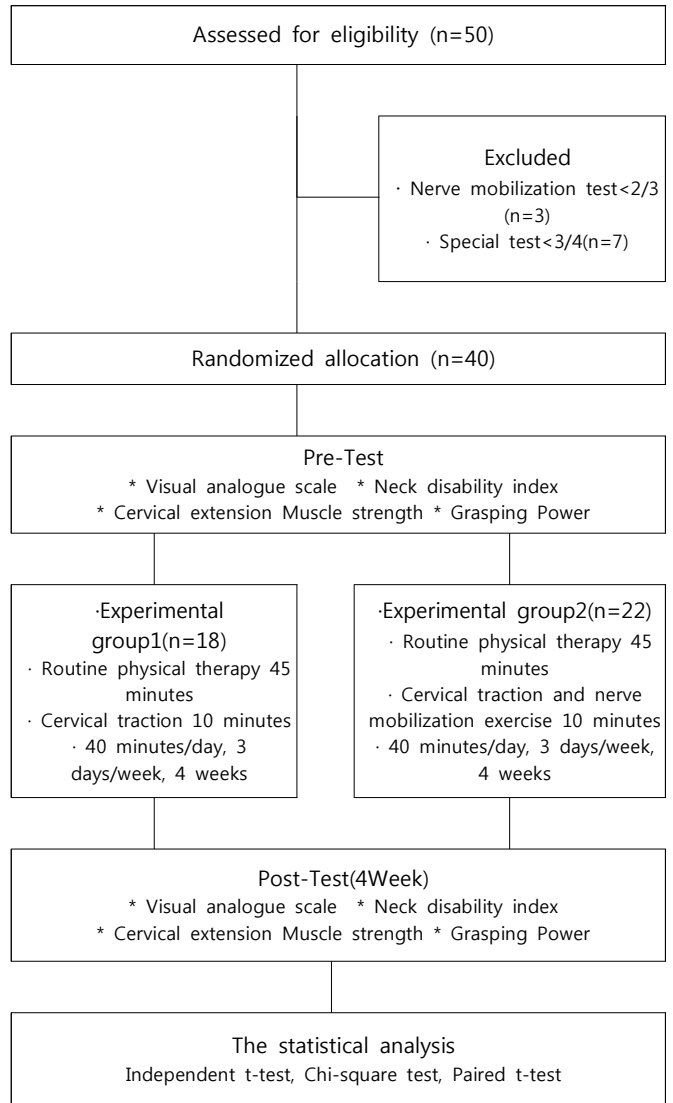


Fig 3. Design of the study

시험은 4주에 걸쳐 매주 3일을 실시하였다. 평가는 시험 전, 4주에 하였다. 평가는 통증, 경부장애지수, 악력, 목신전근 근력을 하였다(Fig 3).

1) 견인치료(실험군 1)

대상자는 목의 굴곡, 외측굴곡과 회전을 시키지 않은 목의 각도 0도에서 바로 눕고, 치료사 한명은 Maitland의 진동기법 중 등급 Ⅲ로 1분 동안 견인을 실시하고 30초 휴식을 취한다. 총 치료시간은 10분이다(Savva와

Giakas, 2013)(Fig 4).



Fig 4. Cervical manual traction

2) 신경가동운동을 동반한 견인치료(실험군 2)

대상자는 목의 굴곡, 외측굴곡과 회전을 시키지 않은 목의 각도 0도에서 바로 눕고, 치료사 한 명은 Maitland의 진동기법 중 등급Ⅲ로 1분 동안 도수견인을 하고, 다른 치료사는 신경가동운동(ULNT1)을 느리게 그리고 진동을 주면서 적용한다. 정중신경 신경가동운동 방법은 시작자세는 대상자의 견갑골을 내리고, 견관절 외전과 외회전, 주관절이 90도 굴곡된 상태에서 전완의 외회전과 신전, 손목관절과 손가락 관절을 신전시킨다. 1분 동안 실시하고 30초 휴식을 취한다. 총 치료시간은 10분이다(Savva와 Giakas, 2013)(Fig 5).



Fig 5. Cervical Traction and nerve mobilization exercise. (left: starting position, right: finish position)

4. 분석방법

본 연구의 모든 통계적 분석은 윈도우용 PASW Statics 18을 사용하였다. 두 집단의 일반적 특성 중 성별은 카이제곱 검정(Chi-squared test)을 하고 나이, 몸무게는 독립표본 t-검정을 통해 동질성을 검정하였다. 군내의 전후 차이를 검증하기 위해 대응표본 t-검정을 실시하였다. 군 간의 차이를 알아보기 위해 독립표본 t-검정을 실시하였다. 자료의 모든 통계학적 유의수준은

p<.05로 하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

대상자는 실험군1 18명(남 9명, 여 9명), 실험군2 22명(남 10명, 여 12명)으로 총 40명이었으며 두 군 모두 동질 한 것으로 나타났다. 평균연령은 실험군1 51.94±8.52세, 실험군2 49.05±9.78세로 군 간에 차이는 없었다. 몸무게는 실험군1이 64.89±8.12 kg, 실험군2는 65.50±8.19 kg으로 나타나 두 군 간에 유의한 차이가 없었다(Table 1).

Table 1. The general characteristics of the subjects

	Experimental group1(n=18)	Experimental group2(n=22)	X ² /t	p
Male/female	9/9	10/12	.440	.527
Age (year)	51.94±8.52 ^a	49.05±9.78	.988	.330
Weight (kg)	64.89±8.12	65.50±8.12	-.236	.815
VAS (score)	6.94±1.06	7.23±.81	-.958	.344
NPI (score)	19.22±6.07	19.95±6.56	1.363	.719
Strength (mmHg)	23.89±2.42	25.64±4.90	-1.378	.176
GP (Ib)	21.67±2.83	20.27±4.77	1.146	.269

^aMean±SD, VAS: visual analog scale, NDI: neck disability index, GP: grip power, Control group: cervical traction, Experimental group: cervical traction with nerve mobilization.

2. 연구대상자의 측정 항목별 동질성 검정

실험군1과 실험군2에서 치료 전 변수 모두가 동질성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 시각상사척도는 실험군1 6.94±1.06점, 실험군2 7.23±.81점, 경부 기능장애지수는 실험군1은 19.22±6.07점, 실험군2는 19.95±6.56점이었고, 목 신전근의 근력은 실험군1이 23.89±2.42 mm Hg, 실험군2는 25.64±4.90 mmHg였으며, 악력은 실험군1이 21.67±2.83 Ib, 실험군2는 20.27±4.77 Ib로 나타나 두 군 간에 유의한 차이가 없었다(Table 1).

3. 실험군 1과 실험군 2의 통증수준 비교

4주간 실시한 실험군1과 실험군2에서 통증수준은 Table 2에서 제시하였다. 시각적상사척도는 실험군1에서 중재 전 6.94±1.06에서 중재 후 5.22±1.22로 감소하여 유의한 차이를 보였다(p<.05). 실험군2에서 중재

전 7.23±.81에서 중재 후 4.96±.72로 감소하여 유의한 차이를 보였다(p<.05). 군 간의 변화량 차이 값은 실험군1에 비해 실험군2가 유의하게 감소하였다(p<.05)(Fig 6).

Table 2. Comparison of VAS, NDI, Strength, GP between measure in each group

		Exp1 group	Exp2 group	t	p
VAS (score)	Pre	6.94±1.06 ^a	7.23±.81	-0.958	.344
	Post	5.22±1.22	4.96±.72	.823	.418
	Change	-1.72±.75	-2.27±.77	2.278	.028
	t	9.718	13.893		
	p	.000	.000		
NDI (score)	Pre	19.22±6.07	19.95±6.56	-0.363	.719
	Post	15.72±4.76	12.86±3.83	2.101	.048
	Change	-3.50±2.53	-7.09±6.28	2.451	.002
	t	5.878	5.297		
	p	.000	.000		
CEMS (mmHg)	Pre	23.89±2.42	25.64±4.90	-1.378	.176
	Post	40.33±5.46	45.18±3.66	-3.352	.002
	Change	16.44±6.12	19.55±4.70	-1.814	.078
	t	-11.402	-19.515		
	p	.000	.000		
GP (lb)	Pre	21.67±2.83	20.27±4.77	1.146	.260
	Post	25.67±2.06	27.50±5.07	-1.348	.133
	Change	4.00±1.28	7.23±0.97	-9.048	.000
	t	-13.223	-34.855		
	p	.000	.000		

^aMean±SD, VAS: visual analogue scale, NDI: neck disability index, CEMS: cervical extensor muscle strength, GP: grip power, Exp1 group: cervical traction, Exp2 group: cervical traction with nerve mobilization.

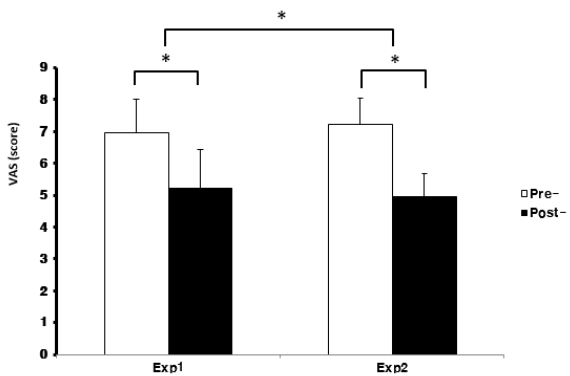


Fig 6. Comparison of pain level between measure in each group.

4. 실험군1과 실험군2의 경부 기능장애지수 비교

4주간 실시한 실험군1과 실험군2에서 경부장애지수는 Table 2에서 제시하였다. 경부장애지수는 실험군1에서 중재 전 19.22±6.07에서 중재 후 15.72±4.76로 감소하여 유의한 차이를 보였다(p<.05). 실험군2에서 중재 전 19.95±6.56에서 중재 후 12.86±3.83로 감소하

여 유의한 차이를 보였다(p<.05). 군 간의 변화량 차이 값은 실험군1에 비해 실험군2가 유의하게 감소하였다(p<.05)(Fig 7).

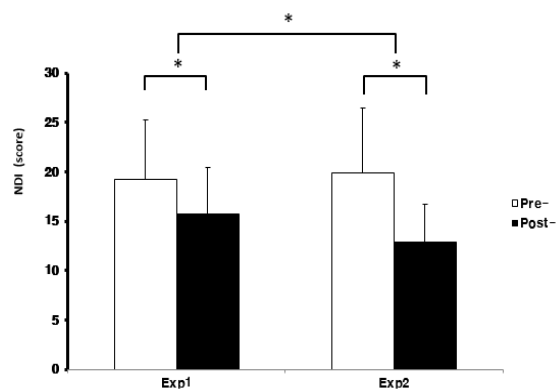


Fig 7. Comparison of neck disability index between measure in each group.

5. 실험군1과 실험군2의 목신전근 근력 비교

4주간 실시한 실험군 1과 실험군 2에서 목신전근 근력은 Table 2에서 제시하였다. 목신전근 근력은 실험군1

에서 중재 전 23.89±40.33에서 중재 후 40.33±5.46로 증가하여 유의한 차이를 보였다(p<.05). 실험군 2에서 중재 전 25.64±4.90에서 중재 후 45.18±3.66로 증가하여 유의한 차이를 보였다(p<.05). 군 간의 변화량 차이 값은 실험군1과 실험군2간에 유의한 차이가 없었다(Fig 8).

6. 실험군1과 실험군2의 악력 수준 비교

4주간 실시한 실험군 1과 실험군 2에서 악력은 Table 2에서 제시하였다. 악력은 실험군1에서 중재 전 21.67±2.83에서 중재 후 25.67±2.06로 증가하여 유의한 차이를 보였다(p<.05). 실험군2에서 중재 전 20.27±4.77에서 중재 후 27.50±5.07로 증가하여 유의한 차이를 보였다(p<.05). 군 간의 변화량 차이 값은 실험군1에 비해 실험군2가 유의하게 증가하였다(p<.05)(Fig 9).

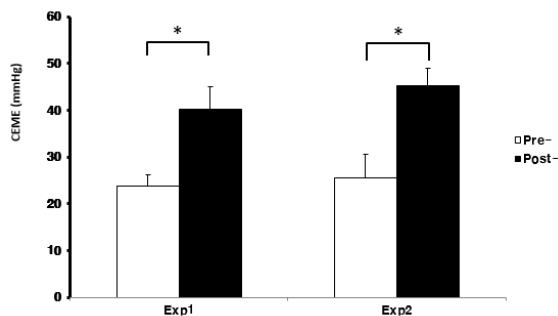


Fig 8. Comparison of cervical extensor muscle strength between measure in each group.

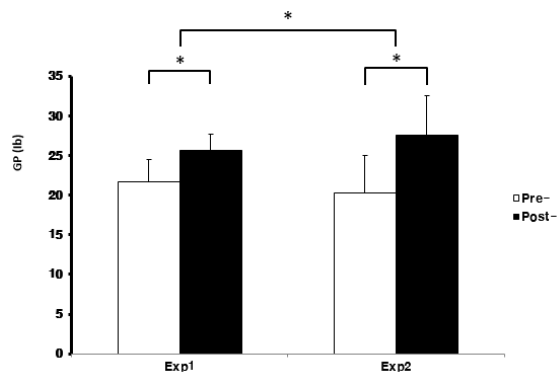


Fig 9. Comparison of grip power between measure in each group.

IV. 고 찰

컴퓨터 사용의 증가로 인하여 목, 상완의 작업관련성 근골격계 질환들의 발생도 증가한다고 알려져 있고

(Cook 등, 2004), 컴퓨터 키보드 사용자들 중 작업관련성 근골격계 증상들의 유병률은 76%이라 알려져 있다(Aaras 등, 1997). 컴퓨터 사용으로 인하여 근골격계 질환을 일으킬 수 있는 요소로는 책상, 의자와 화면의 높이, 작업 자세들과 같은 물리적이고 인간공학적 요소들과(Aaras 등, 1997), 컴퓨터 마우스와 같은 기구 사용으로부터 발생할 수 있는 요소가 있다(Burgess-Limerick 등, 1999; Harvey 등, 1997). 본 연구에서는 이러한 근골격계 질환 중에 경추신경병증을 가진 대상자들에게 경추 도수견인과 신경가동운동을 동반한 경추 도수견인 치료를 적용하였을 때 통증수준과 경부 기능장애수준, 목신전근의 근력 그리고 악력의 변화를 알아보기 위해 본 연구를 시행하였다.

본 연구에서 각각의 치료방법을 적용하였을 때 통증수준과 기능장애수준은 감소하였다. 대부분의 경추신경병증은 추간판 탈출 54%와 돌출 46%로 인해 생긴다. 본 연구에서 견인과 신경가동운동은 추간공 사이를 넓혀 디스크내의 압력을 낮추어주고 압박으로 인해 생기는 염증이 압박이 줄어들어 염증이 감소되었다고 사료된다. 이전의 연구 Savva와 Giakas(2013) 그리고 Liu 등(2008)도 견인치료와 신경가동운동을 적용하였을 때 통증이 감소했다고 하는 연구와 일치하였다. 그리고 실험군이 대조군보다 통증에 더 유의한 차이가 있었다. 견인과 함께 신경가동운동을 적용한 실험군은 Maitland(1985)가 신경가동운동이 통증 전달신경섬유들을 완화시키는데 도움이 된다는 것과 연관되어 통증이 더 유익하게 감소되었다고 사료된다.

본 연구에서 각각의 치료방법을 적용하였을 때 목신전근 근력과 악력이 증가하였다. 치료 전에는 컴퓨터 작업 시 목과 팔의 정적인 자세와 목-어깨 안정화 근육의 지속적이며 낮은 근활성도는 근육의 피로도를 증가시키고, 피로도는 다른 근육들의 비정상적으로 활성화를 시키게 되며 그와 더불어 자세의 변형을 초래한다.(Bansevicius 등, 1997). 신경 허혈에 의한 근력약화 등으로 인해 약해진 목신전근과 악력이 견인과 신경가동운동의 영향으로 압박이 감소하고 혈액순환이 증가하여 근육의 생리적 기능이 회복되어 목신전근 근력과 악력이 증가되었다고 사료된다. 목신전근은 대조군과 실험군 간에 차이가 없었다. 목신전근은 정상기능으로 회복되는 과정에서 근력이 증가하였으나 특별하게 목신전근에 운동을 하지 않았기 때문에 두 군 간에 유의한 차이가 없다고 사료된다. 악력은 대조군과 실험군 간에 유의한 차이가 있었다. 신경가동운동은 신경 활주 촉진, 신경 내 부종 감소, 압력과 염증 감소, 축색 원형질 유동 향상, 신경의 기계적 감수성을 감소시켜 신경근의

구조를 회복하고 정상적인 기능을 하게 한다 (Coppieters와 Bulter, 2008; Diniz 등, 2010). 견인과 신경가동운동을 함께 적용한 실험군은 견인만 적용한 대조군보다 근육을 빠르게 회복시켜 악력이 더 유의하게 증가하였다고 사료된다. 따라서 경추신경병증을 가진 컴퓨터 종사자에게 견인과 신경가동운동을 함께 적용하는 것이 전략적 방법으로 효율적이라고 여겨진다. 그러나 본 연구는 연구대상자의 수가 다소 적어 모든 대상자에게 일반화하기 어렵다고 생각된다. 또한 치료기간이 짧아 중재 이후 치료효과의 지속성에 대하여 확인할 수 없다는 점이 제한점으로 여겨진다. 이후의 연구에서 이러한 제한점을 고려하여 견인과 신경가동운동을 적용하는데 다양한 접근법이 필요할 것으로 사료된다. 이후의 연구에서 이러한 제한점을 고려하여 견인과 신경가동운동을 적용하는데 다양한 접근법이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 경추신경병증을 가진 컴퓨터 종사자 50명을 대상으로 실험군1(n=18)과 실험군2(n=22)로 무작위 배정하고 각각 견인치료(실험군 1)와 신경가동운동을 동반한 견인치료(실험군 2)를 적용하였다. 평가는 중재 전후에 통증수준과 경부 기능장애수준, 목신전근의 근력과 악력의 변화 양상을 알아보았다. 그 결과, 견인치료와 신경가동운동을 함께 적용한 실험군2가 견인치료만 적용한 실험군1보다 통증수준의 감소와 악력이 중재 후에 유의하게 증가되었다. 이러한 결과를 바탕으로 경추신경병증을 가진 컴퓨터 종사자의 통증수준과 손의 악력을 개선을 위해서 견인치료와 신경가동운동을 함께 적용하는 것이 효율적이라고 할 수 있다.

참고문헌

- Aaras A, Fostervold KI, Ro O, et al. Postural load during VDU work: A comparison between various work postures. *Ergonomics*. 1997;40(11):1255-1268.
- Abbed KM, Coumans JV. Cervical radiculopathy: Pathophysiology, presentation, and clinical evaluation. *Neurosurgery*. 2007;60(1):28-34.
- Bansevicius D, Westgaard RH, Jesen C. Mental stress of long duration: EMG activity, perceived tension, fatigue, and pain development in pain-free subjects. *Headache*. 1997;37(8):499-510.
- Beneciuk JM, Bishop MD, George SZ. Effects of upper extremity neural mobilization on thermal pain sensitivity: A sham-controlled study in asymptomatic participants. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2009;39(6):428-438.
- Bernard B, Sauter S, Peterson M, et al. Job task and psychosocial risk factors for work-related musculoskeletal disorders among newspaper employees. *Scand J Work Environ Health*. 1999;20:417-426.
- Boonstra AM, Preuper HR, Reneman MF, et al. Reliability and validity of the visual analogue scale for disability in patients with chronic musculoskeletal pain. *Int J Rehabil Res*. 2007;31(2):115-119.
- Buckle PW, Devereux JJ. The nature of work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. *Applied Ergonomics*. 2002;33:207-217.
- Burgess-Limerick R, Plooy A, Fraser K, et al. The influence of computer monitor height on head and neck posture. *Int J Ind Ergon*. 1999;23:171-179.
- Butler DS. *The Sensitive Nervous System*. Adelaide: Noi group Publications. 2000.
- Cook C, Burgess-Limerick R, Papalia S. The effect of upper extremity support on upper extremity posture and muscle activity during keyboard use. *Appl Ergon*. 2004;35:285-292.
- Coppieters MW, Butler DS. Do sliders slide and tensioners tension? An analysis of neurodynamic techniques and considerations regarding their application. *Man Ther*. 2008;13(3):213e21.
- Diniz KT, Miranda RM, Ribeiro CD, et al. Neural mobilization effects in posterior myofascial chain flexibility and in head posture. *Neurobiologia*. 2010;73(3):53e7.
- Dunn C, Maura D. Interrater reliability of knee muscle forces obtained by hand-held dynamometer from elderly subjects with degenerative back pain. *J Geriatr Phys Ther*. 2003;26(3):23-29.

- Eubanks JD. Cervical radiculopathy: Nonoperative management of neck pain and radicular symptoms. *Am Fam Physician*. 2010;81(1):33-40.
- Fess EE, Morgan C. *Clinical Assessment Recommendations*. Indianapolis. American Society of Hand Therapist. 1981.
- Gerr F, Marcus M, Monteilh C. Epidemiology of musculoskeletal disorders among computer users: lesson learned from the role of posture and keyboard use. *J Electromyogr Kinesiol*. 2004;14:25-31.
- Harvey R, and Peper E. Surface electromyography and mouse use position. *Ergonomics*. 1997;40(8):781-789.
- Kuijper BB, Tans JTJ, Schimsheimer RJ, et al. Degenerative cervical radiculopathy: Diagnosis and conservative treatment. A review. *Eur J Neurol*. 2009;16(1):15-20.
- Liu J, Ebraheim NA, Sanford CG, et al. Quantitative changes in the cervical neural foramen resulting from axial traction: in vivo imaging study. *The Spine Journal*. 2008;8(4):619-623.
- Maitland GD. The slump test: Examination and treatment. *Aust J Physiother*. 1985;31(6):215-219.
- Maitland G, Hengeveld E, Banks K, et al. *Maitland's Vertebral Manipulation*. 7th ed. Edinburgh: Elsevier. 2005.
- Malanga G. The diagnosis and treatment of cervical radiculopathy. *Med Sci in Sports Exerc*. 1997;29:236-245.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Health Hazard Evaluation Report. NIOSH report NO. HETA. 1990; 89:250-2046.
- Nee RJ, Butler D. Management of peripheral neuropathic pain: Integrating neurobiology, neurodynamics and clinical evidence. *Phys Ther Sport*. 2006;7(3):36-49.
- Revel M. Whiplash injury of the neck from concepts to facts. *Ann Readap Med Phys*. 2003;46:158-170.
- Rubinstein SM, Pool JJM, van Tulder MW, et al. A systematic review of the diagnostic accuracy of provocative tests of the neck for diagnosing cervical radiculopathy. *Eur Spine J*. 2007;16(3): 307-319.
- Savva C, Giakas G. The effect of cervical traction combined with neural mobilization on pain and disability in cervical radiculopathy. A case report. *Man Ther*. 2013;18(5):443-446.
- Song KJ, Choi BW, Choi BR, et al. Cross-cultural adaptation and validation of the Korean version of the neck disability index. *Spine(Phila Pa 1976)*. 2010;5(20):1045-1049.
- Szeto GPY, Straker LM, O'Sullivan PB. A comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work—1. Neck and shoulder muscle recruitment patterns. *Man Ther*. 2005a;10:270-280.
- Szeto GPY, Straker LM, O'Sullivan PB. A comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work—2. Neck and shoulder kinematics. *Man Ther*. 2005b;10:281-291.
- Revel M. Whiplash injury of the neck from concepts to facts. *Ann Readap Med Phys*. 2003;46:158-170.
- Takasaki H, Hall T, Jull G, et al. The influence of cervical traction, compression, and spurling test on cervical intervertebral foramen size. *Spine*. 2009;34(16):1658-1662.