

Effects of Movement Control Biofeedback Exercise Training on Joint Position Sense and Dysfunction in Patients with Chronic Neck Pain

Dong- Il Seol¹, Hyung -Min Yoon^{1*}

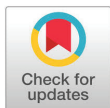
¹ Dankook University, Chungcheongnam-do, Republic of Korea

ABSTRACT

Received: June 26, 2019
Accepted: July 24, 2019
Published online: July 30, 2019

Keywords:

Chronic Neck Pain
 Neck Movement Control Exercise
 Visual Biofeedback



OBJECTIVES The purpose of this study was to investigate the effect of visual neck movement control biofeedback during neck movement control exercise training for eight weeks on joint position sense and dysfunction in neck.

METHODS The subjects were 21 women who had chronic neck pain during the last six months. They were divided into Experimental Group (EG, n=10; 47.5±5.4 yrs.) and Control Group (CG, n=11; 45.0±3.7 yrs.). Both groups carried out neck movement control exercise training over a period of 8 weeks. The visual biofeedback informed by the neck's moving which was displayed in real time on three axes (X: flexion & extension, Y: rotation, Z: lateral flexion) on a smart phone devise screen wirelessly linked to initial measurement units were provided only to EG subjects during the neck movement control exercise. The dependent variables were joint position sense and neck disability index, which were tested in a pre-test before and in a post-test 4 and 8 weeks after the two types of exercise training programs.

The repeated measurement two-way ANOVA was performed to test mean difference between groups and measurements, and the effect of interactions between them on the significant level of $\alpha=.05$.

RESULTS First, there were significant differences between groups in joint position sense of neck and cervical flexion. Second, there were significant differences between measurements of 1) cervical rotation, cervical lateral flexion, cervical flexion, cervical extension in the joint position sense test, 2) neck disability indexes. Third, the effect of interaction was significant in cervical lateral flexion and cervical flexion of joint position sense test, and neck disability indexes.

CONCLUSIONS It was concluded that the visual neck movement control biofeedback provided during the 8 weeks movement exercise training using initial measurement unit improved joint position senses in cervical lateral flexion and cervical flexion, and resolved various neck dysfunction in chronic neck pain patients.

© The Asian Society of Kinesiology and the Korean Academy of Kinesiology

서론

만성 목 통증 환자들에게서 변화된 움직임 제어 기능장애(movement control dysfunction)를 확인하였고, 이런 변화들이 통증과 장애와 관련되어 있으며[1-2], 변화된 움직임 제어 기능장애들은 목뼈에서 제어되지 않

는 병진 움직임(uncontrolled translatory movement)과 병리적 동작으로 나타나 결과적으로 목 움직임 제어에 영향을 미칠 수 있게 된다[3].

그래서 최근에는 변화된 전략들과 잘못된 움직임 손상(movement impairment)이 증상과 어떠한 관련이 있는지 찾기 위해 기전 중심 접근(mechanism-based approach)방법이 제안되고 있으며, 이러한 움직임 제어 검사 방법들과 움직임 제어 운동 훈련 프로그램의 효

*Correspondence: Hyung Min Yoon, Dankook University, 119, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungcheongnamdo, Republic of Korea; Tel: +82 -10-4191-2046; E-mail: hyungmin1026@hanmail.net



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

과가 최근 입증 되고 있다[3-6]. 하지만 목뼈의 움직임 제어 운동 훈련 프로그램은 현재까지 국내에 많이 소개되지 않고 있으며 연구 또한 매우 미비한 실정이다.

또한 만성 목 통증 환자에게서 움직임 제어 능력 감소[7], 감소된 관절 위치 감각이 발생한다고 보고하였는데[8-12], 운동을 통해 관절위치 감각이 향상된 연구들은 보고되고 있지만 움직임 제어 운동 훈련을 통한 관절 위치 감각의 효과를 검증한 연구는 부족한 실정이다.

목뼈 움직임 제어 운동 훈련 프로그램도 허리와 마찬가지로 정상적인 움직임과 비정상적인 움직임을 평가하고 결정하는데 있어서 숙련된 운동사와 비 숙련된 운동사간에 기술적인 차이가 존재하는 단점을 지적하였는데[13], 이런 단점들을 보완하기 위해 재활분야에서는 환자들에게 동작을 인식하게 하여 자세를 수정할 수 있는 바이오피드백 방법을 활용하고 있다.

바이오피드백 방법 중 인체의 움직임을 분석하기 위한 작은 크기의 움직임 동작을 분석하는 센서 기반의 관성측정장치(inertial measurement unit; IMU)가 최근 각광받고 있는데, 시각적 바이오피드백 운동에서 사용되는 관성측정장치는 가속도계와 자이로스코프(gyroscopes)을 사용하여 신체 분절의 방향(orientation), 속도(acceleration), 중력(gravitational force)과 같은 3차원적 역학 정보를 실시간으로 제공하게 된다[14].

관성측정장치를 이용한 시각적 바이오피드백 운동을 적용한 선행연구들은 팔 다리의 움직임을 역학적으로 분석한 연구[15-18], 목 관절부위의 가동범위 측정의 타당도와 신뢰도를 검증한 연구[19]와 같이 만성 목 통증 환자에게 관성측정장치를 적용한 연구는 매우 부족하며 이것을 입증할만한 추가적인 연구가 필요하다.

따라서 이 연구에서는 만성 목 통증을 가지고 있는 환자들을 대상으로 관성측정장치 기반의 시각적 바이오피드백 운동을 적용하여 목 부위의 관절 위치 감각 및 기능장애에 미치는 영향에 대해 알아보고 목 움직임 제어 프로그램을 통하여 만성 목 통증 환자의 빠른 회복과 기능향상을 위한 다각적인 중재 개발을 통한 운동의 효과를 살펴보고자 한다.

연구방법

연구의 대상자는 목 통증으로 인하여 최근 6개월간

지속적 또는 간헐적인 만성 목 통증을 경험하고 있는 여성 21명을 대상으로 하였다. 목뼈나 어깨 관절에 정형외과적 수술이나 시술을 받지 않은 자, 턱관절에 지속적이거나 간헐적으로 통증을 느끼는 자, 최근 6개월 이내에 다른 운동치료를 받지 않고 통증 경감을 위하여 약물치료를 받지 않은 자, 목 장애지수(Neck disability Index)에서 5점 이상 15점 미만인 자로 “경미한 목 장애”가 있는 자들로 선별하였다.

모든 연구 대상자들은 의사소통이 가능하고 사전에 운동검사 및 운동프로그램의 내용과 방법에 관한 설명을 완전히 이해하고 자발적으로 동의서에 서명한 자들로 구성 하였으며, 움직임 제어 바이오피드백 운동 훈련군을 실험군(Experimental Group; EG), 움직임 제어 운동 훈련군을 대조군(Control Group; CG)이라고 명명하였다.

연구 대상자들의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Physical Characteristics of Subjects (M±SD)

Group(n)	EG (n=10)	CG (n=11)	t	p
Age(yrs)	47.50±5.48	49.00±3.74	-.739	.469
Height(cm)	160.30±3.88	158.81±5.15	.738	.470
Weight(kg)	55.90±3.92	57.00±4.58	-.587	.564
NDI	11.50±1.84	11.45±2.11	.052	.959

Values are mean±SD, EG: Experimental Group, CG: Control Group, NDI: Neck Disability Index

실험방법

이 연구에 사용된 운동 프로그램은 목 움직임 제어 프로그램을 기초로 하여 <Table 2>와 같은 프로그램을 수정 보완하여 시행하였다[3,5,20].

운동 프로그램은 8주간 주 3회씩, 하루 40분 동안 한 명의 운동사가 실시하였다.

모든 운동 프로그램은 총 2가지 단계로 나누었고 1단계 운동 프로그램은 1주에서 4주차에 진행되었고 10회 1세트를 기준으로 실시하였으며 운동량을 점진적으로 증가하는 형태로 구성하였다. 2단계 운동 프로그램은 5주에서 8주차에 진행되었고 10회씩 3세트를 실시하였으며 통증이 없는 범위 내에서 능동적으로 실시할 수 있는 운동으로 구성하였다<Table 2>.

실험군은 움직임 제어 운동 훈련을 실시할 때 운동사의 구두지시와 함께 추가적으로 관성측정장치가 부착된 4D-MT(4D-MT, RELIVE, Korea)장비를 사용

Table 2. Movement Control Biofeedback Exercise Training Program

Section	Type	Motion	Time
warm-up	supine	static stretching, breathing, craniocervical flexion	10min
		Active cervical extension in 4-point kneeling	
		Active cervical flexion in 4-point kneeling	
main exercise	quadruped position	Active cervical rotation in 4-point Kneeling	10min
		Rocking backwards in 4-point kneeling	
		Active cervical extension in sitting	
main exercise	sitting on a chair	Active cervical rotation in sitting	5min
		Active bilateral arm flexion in standing	
		Active unilateral arm flexion in standing	
cool down	supine	static stretching, breathing,	5min
Total			40min

하였으며, 스마트 디바이스(갤럭시 탭2, SAMSUNG, Korea)에 실시간으로 3차원(X: flexion & extension, Y: rotation, Z: lateral flexion) 그래프로 나타나게 하고 대상자들로 하여금 운동 중에 이것을 보게 하는 시각적인 바이오피드백을 제공받으면서 움직임 제어 운동을 하게 하였다. 관성측정장치는 스트랩을 이용하여 이마의 정중앙에 부착시켜 매회 운동을 실시할 때마다 영점을 재조정하여 움직임의 오차를 최소화 하였다<Figure 1>.



Figure 1. movement control exercise using initial measurement unit

대조군은 관성측정장치의 부착 없이 대상자가 움직임 제어 운동을 실시하는 동안 운동사의 구두지시만으로 움직임을 제어하면서 실시하였다. 측정은 운동 시작 전 사전 검사를 실시하고 사후검사는 4주 및 8주째에 걸쳐 2회를 측정하였고, 모든 측정은 한 명의 독립된 측정자가 사전과 사후 검사를 실시하였다.

관절 위치 감각의 측정

고유수용성감각 능력을 측정하는 방법으로 관절의 위치를 인지하여 원래의 위치로 돌아오는 능력을 확인하는 목 관절 위치 감각을 능동적인 방법으로 측정하였다[21].

머리와 목 근육의 관절 위치 감각의 민감도를 측정하기 위하여 head repositioning accuracy(HRA) 평가 방법을 사용하였다. 대상자는 레이저 포인트가 고정되어 있는 머리띠를 착용한 후 벽에 60 x 80cm의 종이 목표물을 부착하고 벽으로부터 90cm 떨어진 위치에 등받이가 없는 의자에 허리를 곧게 펴고 손은 무릎위에 편안히 올리고 바로 앉은 자세를 취하게 하였다[22].

대상자는 레이저 포인트의 시작점을 인식시킨 후 눈을 감고 능동적으로 목을 움직여 가능한 처음 시작점으로 돌아오도록 실시를 하였다. 이때 새로운 지점과 처음 지점간의 오차 거리를 측정하였고, 목뼈를 3면의 움직임인 회전, 측방 굽힘, 굽힘, 편을 각각 10회씩 실시하고 휴식시간은 1분으로 하여 오차 값의 평균값을 구하였다[23].

기능장애의 측정

목의 기능장애를 평가하기 위해 총 10개의 영역으로 구성되어 있는 목 장애지수(Neck Disability Index; NDI)를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 NDI는 Lee et al. [24]의 연구에서 검증성이 확인된 한국 번역판인 KNDI를 사용하였다. 구성 항목은 통증 정도, 물건 들기, 집중, 독서, 두통, 자기관리, 운전, 작업, 수면, 여가활동으로 구성된 6점 척도(0=통증, 기능장애 없음, 5= 참을 수 없는 통증이나 기능장애)로 자기 기입식 설문지이며 총 점수 범위는 0~50점이다. 0~4점은 “장애 없음(no disability)”, 5~14점은 “경미한 장애(mild)”, 15~24점은 “중등도 장애(moderate)”, 25~34점은 “중증장애(severe)”, 35점 이상은 “완전한 장애(complete)”로 분류된다[25].

자료처리

본 연구의 가설 검증을 위하여 다음과 같은 통계처리 방법을 채택하였다. 각 집단의 종속변인별 평균 및 표준편차를 산출하였다. 종속변인들의 평균차 검증을 위하여 반복측정 이원분산분석(repeated measurement two-way ANOVA)을 실시하였으며, 측정시기에 따라 유의한 차이를 보일 경우 사후비교(contrast)로서 repeated 방법을 적용하였고, 상호작용효과가 유의한 경우에는 각각의 측정시기마다 독립집단 t-검증(independent groups t-test)을 추가로 실시하였다. 이 연구의 가설 검증을 위해서 SPSS 20.0 통계 프로그램을 사용하였고, 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

결과

만성 목 통증을 가진 대상자들에게 움직임 제어 운동 중 관성측정장치를 이용한 시각적 바이오피드백 운동이 관절 위치 감각, 기능장애의 변화는 결과는 <Table 3> 및 <Figure 2, 3, 4>와 같다.

목뼈 회전의 관절 위치 감각은 두 집단 간에는 유의한 차이를 보이지 않았지만 측정시기에 따라서는 통계적으로 유의하게 감소하였으며($p<.001$), 측정시기와 집단간의 상호작용효과는 없는 것으로 나타났다. <Table 3>의 결과에서 보듯이 측정시기에 따른 사후비교 결과, 두 집단 모두 운동전보다 4주 후에, 4주보다 8주 후에, 같은 양상으로 각각 유의하게 감소하였다.

목뼈 측방 굽힘의 관절 위치 감각은 두 집단 간에는 유의한 차이를 보이지 않았지만 측정시기에 따라서는 통계적으로 유의하게 감소하였으며($p<.001$), 측정시기와 집단간의 상호작용효과는 있는 것으로 나타났다(<Table 3>과 <Figure 2>의 결과와 같이 각각의 측정시기에서 독립집단 t-검증(independent groups t-test)을 실시하였을 때 운동 후 8주에 실험군에서 더 효과적인 것으로 나타났다.

목뼈 굽힘의 관절 위치 감각은 두 집단 간에 유의한 차이가 나타났고($p<.05$), 측정시기에 따라서는 통계적으로 유의하게 감소하였으며($p<.001$), 측정시기와 집단간의 상호작용효과도 나타났다($p<.01$). <Table 3>와 <Figure 3>의 결과와 같이 각각의 측정시기에서 독립집단 t-검증을 실시하였을 때 운동 후 8주에 실험군에서 더 효과적인 것으로 나타났다.

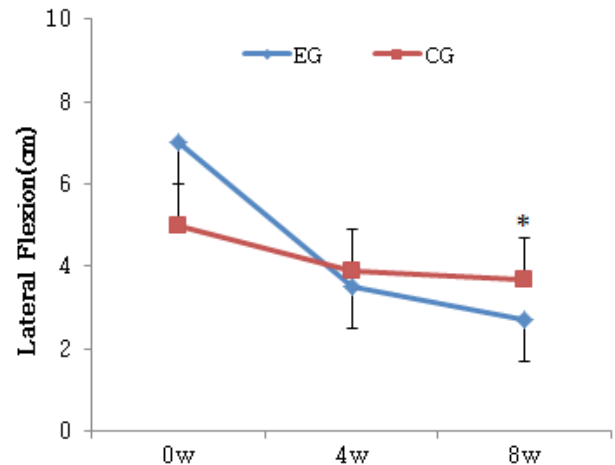


Figure 2. Change of Joint Position Sense(Lateral Flexion)

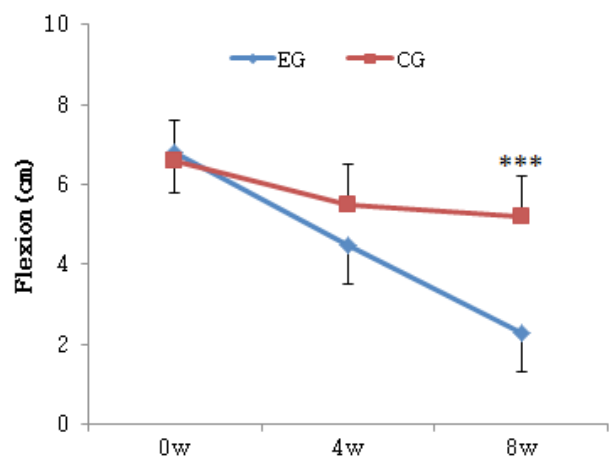


Figure 3. Change of Joint Position Sense(Flexion)

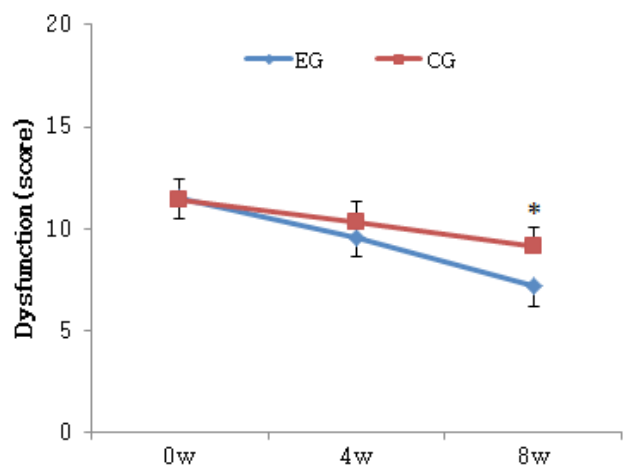


Figure 4. Change of NDI

Table 3. Change of JPS and NDI

Variables		0week①	4week②	8week③	Source	F	contrast
Rotation	EG (n=10)	6.20±1.85	5.13±1.32	3.84±1.53	A	14.785	*** ①>②>③
	CG (n=11)	6.80±2.20	6.00±1.85	5.21±1.38	B	2.293	
	t	ns	ns	ns	A×B	0.591	
Lateral Flexion	EG (n=10)	7.00±1.80	3.54±1.04	2.74±1.08	A	36.602	*** ①>②③
	CG (n=11)	5.02±1.30	3.91±1.38	3.75±1.11	B	0.219	
	t	2.89	-0.7	-2.105*	A×B	10.374	*** ①>②③
Flexion	EG (n=10)	6.81±1.93	4.58±1.85	2.33±.74	A	26.366	*** ①>②>③
	CG (n=11)	6.64±2.52	5.65±1.40	5.20±1.37	B	4.485	*
	t	0.166	-1.501	-5.835***	A×B	6.969	** ①>②>③
Extension	EG (n=10)	4.66±1.40	3.86±1.19	2.80±.83	A	10.097	*** ①②>③
	CG (n=11)	4.97±1.11	4.37±1.69	3.60±1.56	B	1.752	
	t	ns	ns	ns	A×B	0.224	
NDI	EG (n=10)	11.50±1.84	9.60±1.64	7.20±2.04	A	52.097	*** ①>②>③
	CG (n=11)	11.45±2.11	10.36±1.56	9.18±1.40	B	1.727	
	t	0.052	-1.089	-2.613*	A×B	5.01	* ①>②>③

Values are means±SD, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$
 EG: Experimental Group, CG: Control Group, NDI: Neck Disability Index
 A: Period B: Group, A×B: Interaction

목뼈 폼의 관절 위치 감각은 두 집단 간에는 유의한 차이를 보이지 않았지만 측정시기에 따라서는 통계적으로 유의하게 감소하였으며($p<.001$), 측정시기와 집단간의 상호작용효과는 없는 것으로 나타났다. <Table 3>의 결과에서 보듯이 측정시기에 따른 사후비교 결과, 두 집단 모두 운동전과 운동 후 4주보다 운동 후 8주 후에 같은 양상으로 각각 유의하게 감소하였다.

기능장애는 두 집단 간에는 유의한 차이를 보이지 않았지만 측정시기에 따라서는 통계적으로 유의하게 감소하였으며($p<.001$), 측정시기와 집단간의 상호작용효과가 나타났다($p<.05$).

<Table 3>와 <Figure 4>의 결과와 같이 각각의 측정시기에서 독립집단 t-검증을 실시하였을 때 운동 후 8주에서 실험군이 더 효과적인 것으로 나타났다.

논의

본 연구는 만성 목 통증을 가진 대상자들에게 8주 동안의 목 움직임 제어 운동 중 관성측정장치를 이용한 시각적 목 움직임 제어 바이오피드백 적용이 관절 위치 감각 및 기능장애에 미치는 영향에 대하여 알아

보고자 하였다.

관절 위치 감각의 변화

목 관절 위치 감각은 목의 감각 운동 제어를 평가하는데 자주 사용하는 방법이며 관절 위치 감각의 향상은 움직임에 있어서 근육 동원패턴과 관절의 위치 및 방향의 능동적인 제어가 가능하다는 것을 의미한다[26].

본 연구에서 만성 목 통증 환자들에게 관성측정장치를 이용한 바이오피드백 운동 프로그램 적용에 따른 목 관절 위치 감각을 평가하였을 때 시기와 집단간에 상호작용 효과가 나타난 것은 측방 굽힘과 굽힘이었다. 사후 검사를 실시하였을 때 운동 후 8주째에 실험군에서 더 효과적인 것으로 나타났다.

관성측정장치를 이용한 시각적 바이오피드백 운동이 움직임을 개선시킨 것은 선행연구 결과와도 일치하는 결과이다[16-18].

하지만 본 연구에서 목 관절 위치 감각 검사 중 목뼈 측방굽힘과 목뼈 굽힘에서만 상호작용 효과가 나타난 것과 관련하여 Comerford & Mottram [3]는 제어되지 않는 움직임을 묘사할 때 특정 방향에 따른 움직임 패턴을 통증 양상에 따라 분류하였는데 본 연구에 참여한 대상자들 중 실

험군에서 목뼈 측방 굽힘과 목뼈 굽힘과 관련된 제어되지 않은 움직임으로 인한 통증과 장애를 가지고 있었기 때문에 관성측정장치를 이용한 움직임 제어 바이오피드백 운동 훈련이 목 관절 위치 감각의 개선에 더 효과적인 결과기 나온 것으로 생각된다. 추후 연구에서는 특정 방향에 따른 움직임 패턴을 통증 양상에 따라 집단을 분류하여 연구해 볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

또한 Ashwini et al. [27]은 4주간 움직임 제어 운동 훈련을 실시하였을 때 목뼈 측방굽힘과 목뼈 굽힘의 관절가동범위가 개선되었는데 이것은 움직임 손상에 기초를 둔 제어운동 중 관성측정장치를 이용한 시각적 바이오피드백 운동 훈련이 목뼈 측방굽힘과 목뼈 굽힘 동작에서 어깨 올림근(levator scapulae)의 근육의 길이를 정상화시킨 결과일 것으로 생각된다.

기능장애를 가지고 있는 목 통증 환자에게 움직임 제어 운동 훈련은 머리를 더 정확하게 움직일 수 있는 능력이 향상되는 것으로 설명할 수 있다. 따라서 정확한 운동 제어와 근육의 협응 능력과 눈, 목과 전정 시스템 사이의 신경 연결을 향상할 수 있는 것으로 사료된다. 또한 목 장애로 인한 수용체의 기능부전은 구심성 정보를 변화시킬 수 있으며 결과적으로 감각 운동 제어의 타이밍 및 제어하는 능력을 변화시킬 수 있게 되는데[12], 관성측정장치를 이용한 시각적 바이오피드백 적용이 그 효과를 증대시키는 것으로 사료된다.

그리고 통증이 있는 동안에는 중추 신경계에서 움직임을 제어하는 방식에 제한이 생기게 되는데, Hodges[28]는 통증이 없는 상태에서도 뇌와 중추 신경계는 관절의 안정성을 유지하기 위해 다양한 운동 제어 전략을 사용할 수 있게 된다고 하였다.

이렇듯 본 연구에서 기능장애가 개선된 것과 관련하여 움직임 제어 운동 훈련을 통한 움직임 장애의 개선과 통증 감소가 목 관절 위치 감각 검사 동안 운동 제어 전략에 영향을 미치는 것으로 생각되며 관성측정장치를 이용한 바이오피드백 운동을 하게 되면 운동 학습 및 수행력이 더욱 향상하는 것으로 생각된다.

그리고 실험군에서 관절 위치 감각의 중요한 변화는 움직임의 방향과 비정상적인 움직임에 대한 제어능력의 향상과 낮은 부하 운동에서의 상대적으로 쉬운 노력을 통한 감각의 인지능력의 향상으로 이어진 결과이며 결과적으로 시각적 바이오피드백 적용이 목뼈 측방 굽힘과 목뼈 굽힘의 제어되지 않은 움직임의 개선과 감각 운동 제어 능력 향

상에 더 효과적인 것으로 사료된다.

기능장애의 변화

만성 목 통증 환자들에게 관성측정장치를 이용한 바이오피드백 운동 프로그램 적용에 따른 기능장애 변화를 평가하였을 때 집단간에는 유의한 차이를 보이지 않았지만 측정시기에 따라서는 통계적으로 유의하게 감소하였고($p < .001$), 측정시기와 집단간의 상호작용효과도 나타났다($p < .05$). 사후 검사를 실시한 결과 운동 후 8주째에 실험군에서 더 효과적인 것으로 나타났다.

만성 목 통증 환자에게 운동 제어 훈련을 통한 효과를 살펴본 선행 연구에서 기능장애 점수는 평균 3.5-5점이 감소하였고[29], 평균 4점이 감소[30]하여 8주 동안 실험군이 4.3점, 대조군이 2.3점이 감소한 것과 비슷한 향상을 보여 본 연구와 일치하는 결과를 보였다. 본 연구 결과는 이전의 연구들과 마찬가지로 기능장애의 향상과 일치하여 적극적인 운동요법이 만성 목 통증을 가진 환자의 주관적 증상을 감소시키는데 도움이 될 수 있음을 보여준다.

Iqbal et al. [31]은 30명의 만성 목 통증을 가진 대상자들에게 압력 바이오피드백 장비를 사용하여 시각적 바이오피드백 운동을 실시하였을 때 기능 장애가 평균 6.7점이 감소하였고, 바이오피드백 없이 운동한 대조군에서는 평균 2.2점이 감소하여 본 연구 결과와 비슷한 향상을 보여 시각적 바이오피드백을 적용한 운동이 기능 장애 개선에 긍정적인 영향을 미쳤다고 보고하였다.

Sarig-Bahat et al. [32]은 12주 동안 32명의 만성 목 통증 환자에게 하루에 30분 가상현실(virtual reality) 장비를 사용하여 빠르고 능동적인 머리의 움직임과 머리의 움직임을 제어하는 바이오피드백 운동학적 훈련을 실시한 집단과 시각적 바이오피드백 없이 운동학적 훈련을 실시한 집단을 비교하였을 때 운동 후 즉시 기능장애가 향상되었고 3개월 후에도 그 효과가 유지되는 결과를 보였다.

하지만 본 연구에서는 움직임 제어 바이오피드백 운동에서 운동 후 4주까지 통계적으로 유의한 향상을 나타내지 못한 것은 운동처치 기간에 따른 결과로 추후에는 8주 이상의 장기간의 연구를 통해 시각적 바이오피드백 효과의 시기에 따른 추가 검증이 필요할 것으로 생각된다.

목 통증이 있는 사람들에게서 움직임 제어 전략이 변

경되는데, 이러한 변화는 통증 및 장애와 관련이 있다. 이러한 변경된 전략은 종종 보상적 움직임과 기능장애 및 통증을 초래하는 운동 제어에 영향을 미치게 되며 조절되지 않은 움직임은 목뼈의 동적 안정성에 장애를 나타내어 이로 인해 다른 조직에 미세 상처가 축적 될 수 있게 된다. 이러한 축적이 조직 내성을 초과하면 역기능과 통증을 유발할 수 있게 된다고 하였다[3]

이 연구에서 움직임 제어 운동 훈련에서 관성측정장치를 이용한 움직임 제어 바이오피드백 운동이 더 효과적인 것으로 나타난 것은 운동 동안에 시각적 바이오피드백을 통해 움직임의 변화를 관찰하면서 환자 스스로 제어되는 움직임 확인을 통한 자신감 회복이 통증 감소와 기능 향상에 도움을 준 것으로 판단된다.

결론

관성측정장치를 이용한 목 움직임 제어 바이오피드백 운동 훈련은 만성 목 통증 환자의 재활 운동에 효과적이며 특히, 목뼈 측방 굽힘과 목뼈 굽힘 등에서 관절 위치감각 능력을 향상시킴으로써 기능장애를 개선하는데 효과적인 것으로 판단된다. 이 연구를 계기로 앞으로 움직임 제어 운동 훈련을 통한 운동의 다양한 효과의 검증과 아울러 관성측정장치를 이용한 시각적 바이오피드백 운동 방법이 만성 목 환자들의 재활 과정에서 효과를 극대화하기 위한 양적인 연구가 진행될 수 있기를 기대하는 바이다.

Acknowledgments

이 논문은 설동일의 박사학위(2019)을 수정 보완한 것임

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Falla D, Jull G, Hodges P. Feedforward activity of the cervical flexor muscles during voluntary arm movements is delayed in chronic neck pain. *Exp brain Res.* 2004; 157(1):43-8.
2. Johnston V, Jull G, Darnell R, Jimmieson N, Souvlis T. Alterations in cervical muscle activity in functional and stressful tasks in female office workers with neck pain. *Eur J Appl Physiol.* 2008; 103(3):253-64.
3. Comerford M, Mottram S. *Kinetic control-e-book: The management of uncontrolled movement*: Elsevier Health Sciences; 2012, p 239-289.
4. Falla D, Farina D. Neural and muscular factors associated with motor impairment in neck pain. *Curr Rheumatol Rep.* 2007; 9(6):497-502.
5. Sahrman S. *Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines*: Elsevier/Mosby St Louis, MO; 2011, p 61-99
6. Segarra V, Duenas L, Torres R, Falla D, Jull G, Lluch E. Inter-and intra-tester reliability of a battery of cervical movement control dysfunction tests. *Man Ther.* 2015; 20(4):570-9.
7. Kristjansson E, Oddsdottir GL. “The Fly”: a new clinical assessment and treatment method for deficits of movement control in the cervical spine: reliability and validity. *Spine.* 2010; 35(23):E1298-E305.
8. Cheng C-H, Wang J-L, Lin J-J, Wang S-F, Lin K-H. Position accuracy and electromyographic responses during head reposition in young adults with chronic neck pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010; 20(5):1014-20.
9. Chen X, Treleaven J. The effect of neck torsion on joint position error in subjects with chronic neck pain. *Man Ther.* 2013; 18(6):562-7.
10. Feipel V, Salvia P, Klein H, Rooze M. Head repositioning accuracy in patients with whiplash-associated disorders. *Spine.* 2006; 31(2):E51-E8.
11. Kristjansson E, Dall’Alba P, Jull G. A study of five cervicocephalic relocation tests in three different subject groups. *Clin Rehabil.* 2003; 17(7):768-774.
12. Treleaven J. Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control. *Man Ther.* 2008; 13(1):2-11.
13. Carlsson H, Rasmussen-Barr E. Clinical screening tests for assessing movement control in non-specific low-back pain. A systematic review of intra-and inter-observer reliability studies. *Man Ther.* 2013; 18(2):103-10.

14. Schepers HM. Ambulatory assessment of human body kinematics and kinetics. 2009. Enschede: University of Twente.
15. Crowell HP, Milner CE, Hamill J, Davis IS. Reducing impact loading during running with the use of real-time visual feedback. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010; 40(4):206-13.
16. Breen PP, Nisar A, ÓLaighin G, editors. Evaluation of a single accelerometer based biofeedback system for real-time correction of neck posture in computer users. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2009; 2009:7269-72.
17. Ding Z, Luo Z, Causo A, et al. Inertia sensor-based guidance system for upper limb posture correction. *Med Eng Phys.* 2013; 35(2):269-76.
18. Mak VW-L, Low JH, Chua MCH, Yeow RCH. Effects of visual feedback on motion mimicry ability during video-based rehabilitation. *Cogent Medicine.* 2016; 3(1):1215284.
19. Kim HH, Kim KW, Park JM, et al. Test-retest reliability and intratest repeatability of measuring cervical range of motion using inertial measurement unit. *J Acupunct Res.* 2013; 30(4):25-33.
20. Jull G, Sterling M, Falla D, Treleaven J, O'Leary S. Whiplash, headache, and neck pain: research-based directions for physical therapies: Elsevier Health Sciences; 2008.
21. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *J Athl Train.* 2002; 37(1):71.
22. Revel M, Andre-Deshays C, Minguet M. Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with cervical pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 1991; 72(5):288-91.
23. Rix GD, Bagust J. Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with chronic, nontraumatic cervical spine pain. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001; 82(7):911-9.
24. Lee H, Nicholson LL, Adams RD, Maher CG, Halaki M, Bae S-S. Development and psychometric testing of Korean language versions of 4 neck pain and disability questionnaires. *Spine.* 2006; 31(16):1841-5.
25. Vernon H, Mior S. The Neck Disability Index: a study of reliability and validity. *J manipulative Physiol ther.* 1991.
26. Khosrokiani Z, Letafatkar A, Sokhanguie Y. Long-term effect of direction-movement control training on female patients with chronic neck pain. *J Bodyw Mov Ther.* 2018; 22(1):217-24.
27. Ashwini T, Karvannan H, Prem V. Effects of movement impairment based treatment in the management of mechanical neck pain. *J Bodyw Mov Ther.* 2018; 22(2):534-9.
28. Hodges P, Pengel L, Herbert R, Gandevia S. Measurement of muscle contraction with ultrasound imaging. *Muscle Nerve.* 2003; 27(6):682-92.
29. Jull G, Falla D, Vicenzino B, Hodges P. The effect of therapeutic exercise on activation of the deep cervical flexor muscles in people with chronic neck pain. *Man ther.* 2009; 14(6):696-701.
30. Falla D, Lindstrøm R, Rechter L, Boudreau S, Petzke F. Effectiveness of an 8-week exercise programme on pain and specificity of neck muscle activity in patients with chronic neck pain: A randomized controlled study. *Eur J Pain.* 2013; 17(10):1517-28.
31. Iqbal ZA, Rajan R, Khan SA, Alghadir AH. Effect of deep cervical flexor muscles training using pressure biofeedback on pain and disability of school teachers with neck pain. *J Phys Ther Sci.* 2013; 25(6):657-61.
32. Sarig-Bahat H, Takasaki H, Chen X, Betor Y, Treleaven J. Cervical kinematic training with and without an interactive virtual reality device for chronic neck pain—a pilot randomized clinical trial. *Man Ther.* 2015; 101:e1535-e6.