

Effects of Stabilization Exercise Applying Sling Neurac Method on Pain and Cervical Alignment in Young Adults with Forward Head Posture

Jin-Wook Lee*, Moon-Kyun Lim**

*Professor, Dept. of Exercise Prescription & Rehabilitation, Dankook University, Cheon-An, Korea

**Professor, Dept. of Health and Rehabilitation, Osan University, Gyeonggi-do, Korea

[Abstract]

The purpose of this study was to the effects of the Sling Neurac stabilization exercise(SNSE) on pain, cervical lordosis angle(CLA), and cervical gravity line(CGL) in young adults with a forward head posture. The subjects of the study were selected as SNSEG(n=10) and control group(n=10), they were conducted for 70 minutes three times a week for 8 weeks. Study results showed that pain($p<.001$), CGL($p<.01$) were significantly decreased and CLA($p<.001$) were also significantly increased in the SNSEG. In conclusion, SNSE is effective in improving the proprioceptive sense of the LM group and activating the muscle. Co-activation with the GM group was found to be effective in improving the CLA and CGL. Therefore, reactivation of the deep neck flexors and suboccipital muscles is an important factor in pain control and postural alignment, and is suggested as an effective intervention method to improve forward head posture.

▶ **Key words:** Forward Head Posture, Sling Neurac Exercise, Visual Analogue Scale, Cervical lordosis Angle, Cervical gravity Line

[요 약]

이 연구의 목적은 전방머리자세를 가진 젊은 성인을 대상으로 슬링뉴랙안정화운동이 증재방법이 통증 및 목뼈 앞굽음각, 중력중심선에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 실시되었다. 연구의 대상자는 슬링뉴랙안정화운동그룹(SNSEG) 10명, 통제그룹(CC) 10명으로 선정하였으며, 8주간 주3회 70분간 실시하였다. 이 연구 결과 슬링뉴랙안정화운동은 통증은 감소($p<.001$), 목뼈 앞굽음각은 증가($p<.001$)와 중력중심선은 감소에($p<.01$) 유의한 효과가 나타났다. 이상의 결과 종합해 보면 슬링뉴랙안정화운동은 속근육(LM)군의 고유수용성감각 개선 및 근활성화에 효과적이며, 대근육(GM)군과 공동활성화하여 앞굽음각과 중력중심선에 개선에 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 깊은목굽힘근과 뒤통수밑근의 재활성화는 통증 조절과 자세 정렬에 중요한 요소로 전방머리자세 개선시킬 수 있는 효과적인 증재방법으로 제안한다.

▶ **주제어:** 전방머리자세, 슬링뉴랙운동, 시각적통증척도, 목뼈앞굽음각, 목뼈중력중심선

-
- First Author: Jin-Wook Lee, Corresponding Author: Moon-Kyun Lim
 - *Jin-Wook Lee (rugby14@hanmail.net), Dept. of Exercise Prescription & Rehabilitation, Dankook University
 - **Moon-Kyun Lim (imk@hanmail.net), Dept. of Health and Rehabilitation, Osan University
 - Received: 2023. 05. 02, Revised: 2023. 05. 17, Accepted: 2023. 05. 22.

I. Introduction

현대문명의 발전으로 장시간 좌식생활은 신체 변화를 유발하는데 그 신체변화 중 하나가 전방머리자세(forward head posture, FHP)이다.

인간은 환경의 변화에 뛰어난 적응력을 만들어 내는데 10~30대 젊은 층에서 스마트폰과 인터넷의 과의존으로 인해 FHP 환자는 61%를 차지하고 있어 사회적 문제로 대두되고 있다[1].

FHP는 위쪽 목뼈의 과다편과 아래쪽 목뼈의 굽힘 되면서 머리 위치가 목에 대해 앞쪽인 것이 특징으로[2] 일자목(42%)과 뒤굽음(13.3%)과 같은 비정상적인 목뼈의 자세 정렬을 유발한다[3]. 머리를 앞으로 숙이는 자세가 오래 지속되면 머리의 중심선이 앞쪽으로 이동하여 목에 더 많은 무게가 실리고[4] 머리목(cranio-cervical)의 굽힘 관절가동범위, 깊은목굽힘근(deep cervical flexors, DCF)과 어깨뼈 뒤당김근(scapular retractor, SR)의 활성도와 감소하며[5] 목뼈 펌근과 가슴근육의 단축하여 목의 앞굽음각을 감소하게 된다[6]. 또한 적응성 단축은 근육의 허혈 상태를 만들고 긴장도가 높아지고 근육 기능의 변화로 이어져 목 통증을 유발한다[7].

선행연구에 의하면 목 통증[8], 두통[9], 어지럼증[10]과 같은 근골격계질환 증상이 FHP와 관련성이 있음을 보고하고 있으며, 목뼈관절의 불안정성과 손상의 위험을 증가시킨다.

특히 목 통증은 구심성 정보의 변화로 목의 자세안정성과 고유수용성감각이 저하되며[11] 목의 심부근력이 감소하는 결과를 유발한다[12]. 목 근육은 다른 신체 근육보다 미세한 움직임에 민감하게 반응하며[13], 근방추(muscle spindle) 밀도가 높기 때문에 고유 감각 정보를 제공하는데 중요한 역할을 한다[14]. 목관절의 고유수용감각은 잘못된 정렬을 교정하기 위한 정보를 전달하고 자세 조절에 핵심적인 역할을 한다.

미국 물리치료사협회(American Physical Therapy Association, APTA)에서 목 통증을 개선을 위해 보전적 중재방법을 권장하고 있으며, 아급성 환자는 목과 어깨관절의 지구력운동을 만성환자에게는 복합적인 중재방법(스트레칭, 근력, 지구력운동, 신경근운동, 유산소 컨디셔닝, 환자의 교육 및 상담)이 필요하다고 보고하고 있다[15].

아급성 및 만성 기계적 목 장애를 개선에 관한 체계적 문헌고찰에 의하면 목근육의 스트레칭과 근강화의 다양한 방법은 중간정도의 효과가 있다고 하였으며[16], FHP를 개선 중재방법으로 DCF, SR의 강화와 가슴근, 목 펌근의

스트레칭 중재방법이 필요하다.

다양한 중재방법 중 슬링운동은 안정화와 신경근 조절 및 근력 강화운동방법으로 효과적인 운동으로 제안되고 있으며, 최근 신경근 자극을 이용하여 정상적인 기능적 움직임 패턴을 회복하는데 목적으로 한 뉴렉(neurac) 운동 방법이 소개되고 있다[17].

슬링뉴렉기법을 이용한 안정화 운동은 FHP의 치료를 위해 제안된 중재방법 중 하나로 슬링을 이용하여 통증/근육이완, 관절가동범위회복, 근력운동과 수동적 동요(passive fluctuation)와 기계적 진동(mechanical vibrations) 등을 이용하여 근육 간의 협응을 이끌어내 운동 조절과 대근육(global muscle, GM)과 소근육(local muscle, LM)을 통합하는데 효과적이다[17].

선행연구에 의하면 목 근육의 고유수용성 구심성 입력은 인간의 자세를 제어하는데 중요한 역할을 하며[18], 심부의 안정화 근육과 밀접한 관련이 있으며 억제된 근육을 활성화하고 재교육 시키는데 효율적인 방법으로 소개되었다[19]. Yun 등[20]은 만성 목통증 환자에게 뉴렉기법은 통증, 피로도 감소 및 균형개선의 실질적인 효과를 보고하고 있다.

따라서 슬링뉴렉 안정화운동은 목의 고유수용성감각과 안정성 근육을 활성화하여 전방머리자세 개선에 긍정적인 역할을 할 것으로 생각된다.

이 연구는 전방머리자세를 가진 젊은 성인을 대상으로 슬링뉴렉 안정화운동 중재방법이 통증 및 목뼈 앞굽음각, 중력중심선에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 실시되었다.

II. Methods

1. Subjects

이 연구의 대상자는 목통증이 3개월 이상 지속된 20~30대 성인을 대상으로 목뼈 앞굽음 각도가 30도 이하인 과소 앞굽음(Hypolordosis)환자 20명(M:7, F: 13)을 무작위로 슬링뉴렉 안정화운동그룹(SNSEG) 10명, 통제그룹(CC) 10명으로 선정하였다.

사전에 연구의 목적을 충분히 설명 하였으며, 운동검사의 내용과 방법에 관한 설명을 숙지한 후, 실험 전 동의서를 작성하였다. 이 연구의 대상자들의 신체적 특성은 Table 1.과 같다.

Table 1. Subject Characteristic

	SNSEG(M:3, F:7)	CC(M:4, F:6)
Age(yr)	30.10±9.66	30.00±6.44
Hight(cm)	164.88±7.36	165.75±9.08
Wight(kg)	55.95±8.64	57.92±9.92
CLA(°)	21.92±7.51	24.90±4.09

Mean±S.D. SNSEG : Sling Neurac Stabilization Exercise Group, CG: Control Group, CLA : Cervical lordosis Angle

2. Measurement

모든 측정변인들은 운동 전·후에 실시하였으며, 목뼈 앞굽음각, 중력중심선은 D 병원 영상의학과에 의뢰하여 해부학 자세에서 머리·목뼈의 단순 가쪽(lateral view) 방사선(x-ray) 촬영 후 전문의가 의료영상저장전송시스템(picture archiving and communication system, PACS)을 이용하여 분석하였다.

2.1 Visual Analogue Scale

시각 통증 척도(Visual Analogue Scale, VAS)는 통증이 없는 상태일 때 0, 가장 고통스러운 통증을 10으로 주관적으로 느끼는 통증 검사로 숫자가 낮을수록 통증이 낮고, 높을수록 통증이 심하다는 것을 의미한다[21].

2.2 Cervical Lordosis Angle

목뼈 앞굽음각 측정은 1번 목뼈의 고리뼈 앞결절(anterior tubercle of atlas)과 고리뼈 뒤궁(posterior arch of atlas)의 중심을 수평으로 연결하고, 7번 목뼈 몸통 하단 끝(inferior margin of C7)을 잇는 연장선을 기준으로 두 선에 직각되게 선을 그어 교차각의 크기를 측정하였다[22].

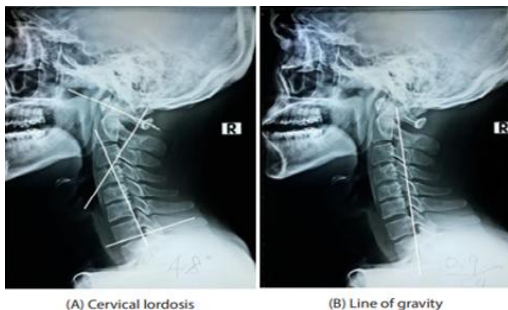


Fig. 1. Lordosis Angle or Line of gravity

2.3 Cervical Gravity Line

중력중심선은 목뼈 1번 전면(Anterior arch)과 목뼈 7번 척추 뼈 몸통(Body of vertebrae) 전상면까지 직선을 연결한 선과 목뼈 5번 전방체까지 거리를 측정하였다[22].

3. Sling Neurac Stabilization Exercise Program

슬링뉴랙 안정화운동 프로그램은 Jung[23]과 Kim과 Kim[19]의 선행연구를 근거로 대학교수와 건강운동관리사로 구성된 전문 회의를 통해 의해 수정·보완하였다.

운동프로그램은 준비운동 스트레칭(stretching, 10분), 본운동은 안정화운동(stabilizing exercise)으로 이완운동(relaxation exercise, 10분), 세라밴드 근력운동(band strength exercise, 35분), 고유수용성감각운동은 슬링뉴랙운동(Sling neurac exercise, 15분), 마지막 정리운동은 유산소운동(aerobic exercise, 10분)으로 구성하였다.

운동강도는 Table 2.와 같이 개인별 통증여부를 고려하여 저강도에서 중·고강도로 점진적으로 증가하였으며(1-2주/11-12RPE, 3-5주/12-13RPE, 6-8주/13-15RPE) 8주간, 주 3회, 70분씩 실시하였다.



Fig. 2. Sling neurac exercise

4. Statistical analysis

본 연구에서 측정을 통해 수집된 모든 데이터는 SPSS(version 27.0 for Window)통계프로그램을 이용하여 모든 항목 그룹별 각 변인들의 평균(M)과 표준편차(SD)를 산출하였다. 전 값의 동질성 검증을 위해 독립 t-검증(Independent t-test)을 실시하였다

슬링뉴랙안정화운동에 대한 운동그룹과 운동 전·후의 효과를 검증하기 위해 이원반복측정분산분석(two-way repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 분석 결과 상호작용의 효과가 있는 경우 사후 검증으로 대응 표본(paired sample) t-test를 실시하였고, 모든 유의성 검증에 대한 신뢰 수준은 .05로 설정하였다.

III. Results

1. Visual Analogue Scale

이 연구에서 슬링뉴랙 안정화운동 후 시각 통증 척도 점수를 비교한 결과는 Table 3.와 같다.

Table 2. Sling Neurac Stabilization Exercise Program

Stage		Exercise Program		Intensity
Warm-up	Stretching (10 min)	neck flexion, extension, sidebanding stretching upper trapezius, scalene muscle stretching shoulder abduction,adduction muscle stretching		7-8 RPE
Main	Stabilizing exercise (35 min)	Relaxation exercise	relaxation exercise position neck flexion, extension, side-banding relaxation neck rotation relaxation thoracic extension relaxation	1-2 weeks 11-12 RPE, 3-5 weeks 12-13 RPE, 6-8 weeks 13-15 RPE,
		Strength exercise	thera-band on neck retraction exercise thera-band on neck retraction and flexion, extension, sidebanding exercise prone cervical axial exercise four-point kneeling exercise scapula adduction exercise thera-band external rotation exercise	
	Proprioception exercise (15 min)	Sling neurac exercise	neck retraction flexion-extension sensorimotor exercise neck retraction sidebanding sensorimotor exercise neck retraction rotation sensorimotor exercise balance exercise	
Coll-down	Aerobic exercise (10 min)	Treadmill walking, jogging		7-8 RPE

VAS는 측정시기와 그룹간에 상호작용효과가 나타났으며, 측정시기와 그룹간에도 유의한 차이가 나타났다. 사후 검증을 한 결과 SNSEG에서 유의하게 감소하였다 ($p<.001$).

CGL는 측정시기와 그룹간에 상호작용효과가 나타났으며, 측정시기와 그룹간에도 유의한 차이가 나타났다. 사후 검증을 한 결과 SNSEG에서 유의하게 감소하였다($p<.01$).

2. Cervical lordosis Angle

이 연구에서 슬링뉴랙 안정화운동 후 목뼈 앞굽음각을 비교한 결과는 Table 3.와 같다.

CLA는 측정시기와 그룹간에 상호작용효과가 나타났으며, 측정시기와 그룹간에도 유의한 차이가 나타났다. 사후 검증을 한 결과 SNSEG에서 유의하게 증가하였다 ($p<.001$).

3. Cervical gravity Line

이 연구에서 슬링뉴랙 안정화운동 후 중력중심선을 비교한 결과는 Table 3.와 같다.

IV. Discussion

목통증은 일상생활의 불편함을 호소하지만 요통과 달리 적극적인 치료를 선택하는 경우는 드물며 요통에 비해 재발 및 만성화 되는 경향성 높다[24].

머리를 고정한 자세로 근육수축을 유지하면서 발생하는 근육 피로는 만성 목통증의 원인 중 하나로[12] 통증완화는 재활과정에서 가장 중요한 요소이다[25].

선행연구에 의하면 요통을 가진 20대 성인을 대상으로 6주간 슬링운동이 통증감소, 몸통근력 향상에 효과적이며 [26], 슬링뉴랙운동이 봉우리밑총돌증후군 환자의 어깨통

Table 3. Cervical Pain, Cervical Lordosis Angle and Cervical Gravity Line

Variables	Group	Pre	Post	Effect	F-values	P
VAS (score)	SNSEG(n=10)	6.68±0.72	1.69±0.69 ^{†††}	Time	3.799	.000 ^{***}
	CG(n=10)	6.26±0.52	5.35±1.01	Group	-12.733	.000 ^{***}
				Time×Group	28.291	.000 ^{***}
CLA (°)	SNSEG(n=10)	21.92±7.51	31.07±5.46 ^{†††}	Time	-7.889	.000 ^{***}
	CG(n=10)	24.90±4.09	23.97±5.19	Group	8.291	.008 ^{**}
				Time×Group	7.009	.000 ^{***}
CGL (mm)	SNSEG(n=10)	15.22.±14.68	1.50±12.30 ^{††}	Time	1.049	.001 ^{**}
	CG(n=10)	10.78±11.72	8.23±12.33	Group	-4.123	.000 ^{***}
				Time×Group	8.291	.000 ^{***}

Mean±S.D. SNSEG: Sling Neurac Stabilization Exercise Group, CG: Control Group, VAS: Visual Analogue Scale, CLA: Cervical lordosis Angle, CGL: Cervical Gravity Line, Pre and Post t-test : ^{††} $p<.01$, ^{†††} $p<.001$. Two-way ANOVA : ^{**} $p<.01$, ^{***} $p<.001$.

증, 기능 및 관절가동범위에 긍정적인 효과를 증명하였다 [27]. 또한 진동을 이용한 슬링뉴렉운동은 근방추를 자극 시켜 근수축을 향상시킬 수 있으며[28], 짧은 시간동안의 진동 적용은 만성통증 환자의 심부근력 증가와 근육 안정화에 긍정적인 역할을 보고하였다[29], 이와 유사한 연구에서도 만성목통증환자를 대상으로 4주간 슬링뉴렉운동이 통증, 기능, 균형능력, 피로도와 삶의 질에 효과를 증명하였으며[20], 이 연구 결과와 일치하였다.

이는 관문조절설(gate control theory)에 근거하여 슬링과 함께 진동 적용이 근방추를 자극하여 통증 감소에 중요한 역할을 하였으며[30] 슬링은 현수점(suspension point, SP)의 위치 변화로 중력의 영향을 최소화할 수 있어[31] 이로 인해 목뼈의 뒤통수밑근(suboccipital muscles, SM)의 근긴장도가 감소되어 통증이 완화된 것으로 생각된다.

목 통증과 앞굽음 소실은 상관관계가 있으며, 목뼈의 앞굽음각이 20°이하인 경우 대부분 목통증이 호소하며[32]. 또한 목뼈 중력중심선이 거리가 멀어질수록 목과 등뼈에 지속적인 스트레스가 높아진다[33].

이 연구에서 SNSE후 목뼈 앞굽음각 유의하게 증가하고, 중력중심선은 유의하게 감소하였다.

척주(vertebral column) 굽음(curve)의 역할은 척주(vertebra spine)의 충격흡수 증가와 직립자세 유지에 긍정적인 역할을 한다[34]. 특히 목뼈는 머리가 중립위치에 있도록 균형을 조절하고 허리·등뼈에 비해 움직임이 크기 때문에 관절의 안정성이 취약하여 보상작용을 유발한다 [35-36]. 머리의 다양한 각도로 앞으로 내밀수록 머리를 지탱하는 목뼈에 가중되는 무게는 급격하게 증가하며 목뼈의 앞굽음각 소실로 이어져 목과 어깨근육에 통증과 스트레스를 가중시킨다.[37]

따라서 FHP로 장시간 노출되면 척추 변성(spinal degeneration), 근육의 약화 또는 단축, 포착성 신경병증(entrapment neuropathies) 및 폐활량이 감소하며[38] 주로 직장인과 학생들에게 나타난다[39].

머리목 영역에서 좀 더 내미된 자세(protracted posture)는 머리의 모멘트를 증가시키며, 위쪽 머리목 영역은 펴진 상태로 시간에 지남에 따라 뒤통수밑근육들과 인대들이 단축되며, 전정계와 시각의 수평 위치를 유지하기 위해 무의식적으로 아래쪽 목뼈 영역은 등뼈에 대해 상대적으로 굽힘 시키게 된다. 또한 만성통증으로 인한 목 근육의 피로는 감각수용기의(근방추와 골지건 기관) 역할을 저하시키고[40] 관절의 위치감각에 영향을 주어[41] 바른 자세의 균형을 깨뜨린다[42].

위 목뼈에는 매우 많은 구심성 신경이 존재하는데[43],

SM은 다른 근육에 비해 근방추의 밀도가 가장 높다[44]. 따라서 변경된 목뼈 움직임, 근육기능장애와 같은 구심성 입력정보를 운동으로 해결하는 것이 FHP를 개선하기 위한 중요한 중재요소로 생각된다.

근육의 힘들은 척추분절을 서로 압박하여 머리목 영역을 안정화시켜주며 똑바로 서 있는 동안 머리의 균형만을 유지하기 위해 낮은 수준의 근육활성이 요구될 때는 머리 무게의 약 3배나 발생하며 최대 노력의 근육활성화는 머리 무게의 23배(체중의 1.7배)까지 상승하게 된다[45].

또한 균형은 다양한 감각운동 과정으로 복잡한 운동기 술로[46], 균형 장애는 움직임과 근육 톤(muscle tone)에 부정적인 영향을 미친다[47].

부적절한 자세정렬로 인해 영향을 받은 근육은 일반적인 자세에 영향을 미치는 특정한 변형으로 이어질 수 있으며[48] Gossman 등은[49] 근육 길이의 장애를 신장성약화(stretch weakness)와 긴장(tightness)으로 설명하였다. 근육의 길의 변화는 근육의 고정화(immobilization), 근육불균형(muscle imbalance), 자세 정렬불량(postural malalignment), 운동기능 장애(movement dysfunction) 등을 유발하며 근육은 기능적 수축 요구를 충족시키기 위해 적응하고 있다[49].

목관절의 기계적인 안정성을 근육이 80%를 담당하고 있으며, 목 통증 환자는 DCF과 SM의 장애를 유발한다 [12]. DCF과 SM은 목관절의 LM근으로 일차적인 목의 안정성 관여하고 목의 이상적인 자세를 위해서는 GM근보다 LM근의 안정화 필요하다[50].

따라서 LM근이 과활성화되고 LM근이 저활성화는 목뼈의 압굽음을 감소시키기 때문에[51] DCF과 SM의 재활성화는 통증 조절과 자세 정렬에 중요한 요소 있다.

이러한 결과를 종합해 보면 목통증 환자에서 신경근의 변화가 나타나는데 일관되게 변화가 나타나는 근육이 깊은목 굽힘근의 감소이다. 운동중재로 DCF의 활성화에서 가장 큰 개선을 보인 대상은 더 많은 통증 감소에 보여[52] DCF과 같은 LM근의 강화가 필요한 것으로 생각되며 SNSE이 주 타겟 근육인 DCF을 강화시키는데 효과적인 운동임을 확인하였다.

SNSE은 다양한 근육을 동시에 운동할 수 있도록 다양한 자세를 사용할 수 있으며 불안정성 지지대 및 진동을 적용해 근긴장도의 재분배, 균형조정 활성화, 신경계와 근육계의 균형을 통해 고유수용성감각을 증가 시켰으며[53], 이러한 감각운동이 근육조절과 관절의 안정성 향상에 영향을 미치고[54] DCF과 SM의 정상적인 반응 회복을 촉진시킨 것으로 생각된다. 또한 열린사슬운동과 닫힌사슬운동을 적용한 SNSE은 주동근, 협력근 및 길항근의 공동 활성

화(co-activation)로[55] 이어져 근활성화에 개선으로 앞 굽음각과 중력중심선 위치가 긍정적으로 변화한 것으로 생각된다.

V. Conclusions

이 연구는 전방머리자세를 가진 젊은 성인을 대상으로 8주간의 슬링뉴렉안정화운동이 통증 및 목뼈 앞굽음각, 중력중심선 변화를 검증하여 슬링뉴렉운동의 효과를 규명하고자 실시되었으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

슬링뉴렉안정화운동은 통증 감소($p < .001$), 목뼈 앞굽음각 증가($p < .001$)와 중력중심선 감소에($p < .01$) 유의한 효과가 나타났다.

이상의 결과 종합해 보면 슬링뉴렉안정화운동은 속근육(LM)근의 고유수용성감각 개선 및 근활성화에 효과적이며, 대근육(GM)근과 공동활성화하여 앞굽음각과 중력중심선에 개선에 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 DCF와 SM의 재활성화는 통증 조절과 자세 정렬에 중요한 요소로 전방머리 자세 개선시킬 수 있는 효과적인 중재방법으로 제안한다.

또한 신체가 바른 자세에 있을 때, 다른 관절과 연관되어 있는 한 관절의 위치를 자세 사슬(postural chains)이라고 한다. 이는 한관절의 위치의 변형은 다른 관절의 변형을 유발할 수 있음을 의미하며 이 연구의 제한점이기도 하다. 따라서 추후 연구에서는 목관절에 슬링뉴렉운동을 적용시 하위관절인 등뼈관절과 어깨관절에서 변화를 종합적으로 분석이 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- [1] Health Insurance Review & Assessment Service, "Statistics on diseases of national interest, forward head posture," 2023. <http://opendata.hira.or.kr/op/opc/olapMfrnIntrslInsInfo.do>.
- [2] R. Sheikhhoseini, S. Shahrbani, P. Sayyadi, and K. O'Sullivan, "Effectiveness of therapeutic exercise on forward head posture: a systematic review and meta-analysis," *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, Vol. 41, No. 6, pp. 530-539, July-August 2018. DOI : 10.1016/j.jmpt.2018.02.002.
- [3] P. S. Helliwell, P. F. Evans, and V. Wright, "The straight cervical spine: does it indicate muscle spasm?," *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, Vol. 76, No. 1, pp. 103-106. January 1994. DOI : 10.1302/0301-620X.76B1.8300650.
- [4] D. E. Harrison, D. D. Harrison, J. J. Betz, T. J. Janik, B. Holland, C. J. Colloca, and J. W. Haas, "Increasing the cervical lordosis with chiropractic biophysics seated combined extension-compression and transverse load cervical traction with cervical manipulation: nonrandomized clinical control trial", *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, Vol. 26, No. 3, pp. 139-151, March 2003. DOI : 10.1016/S0161-4754(02)54106-3.
- [5] G. A. Jull, D. Falla, B. Vicenzino, and P. W. Hodges, "The effect of therapeutic exercise on activation of the deep cervical flexor muscles in people with chronic neck pain," *Manual therapy*, Vol. 14, No. 6, pp. 696-701, December 2009. DOI : 10.1016/j.math.2009.05.004.
- [6] K. Harman, C. L. Hubley-Kozey, and H. Butler, "Effectiveness of an exercise program to improve forward head posture in normal adults: a randomized, controlled 10-week trial," *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, Vol. 13, No. 3, pp. 163-176, 2005. DOI : 10.1179/106698105790824888.
- [7] A. E. Sola, and J. J. Bonica, "Myofascial pain syndromes 2nd ed," Philadelphia, Lea & Febiger, pp. 352-367, 1990.
- [8] K. T. Lau, K. Y. Cheung, K. B. Chan, M. H. Chan, K. Y. Lo, and T. T. Chiu, "Relationships between sagittal postures of thoracic and cervical spine, presence of neck pain, neck pain severity and disability," *Man Ther*, Vol. 15, No. 5, pp. 457-462, October 2010. DOI : 10.1016/j.math.2010.03.009
- [9] C. Fernandez-de-las-Penas, C. Alonso-Blanco, M. L. Cuadrado, R. D. Gerwin, and J. A. Pareja, "Trigger points in the suboccipital muscles and forward head posture in tension-type headache," *Headache*. Vol. 46, No. 3, pp. 454-460, January 2006. DOI : 10.1111/j.1526-4610.2006.00288.x
- [10] R. W. Nightingale, J. H. McElhane, W. J. Richardson, T. M. Best, and B. S. Myers, "Experimental impact injury to the cervical spine: relating motion of the head and the mechanism of injury," *JBJS*, Vol. 78, No. 3, pp. 412-421, Mar 1996. DOI: 10.2106/00004623-199603000-00013.
- [11] G. Jull, S. O'Leary, and D. Falla, "Clinical assessment of the deep cervical flexor muscles: the craniocervical flexion test," *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. Vol. 31, No. 7, pp. 525-533, September 2008. DOI : 10.1016/j.jmpt.2008.08.003.
- [12] D. L. Falla, G. A. Jull, and P. W. Hodges "Patients with neck pain demonstrate reduced electromyographic activity of the deep cervical flexor muscles during performance of the craniocervical flexion test," *Spine*. Vol. 29, No. 9, pp. 2108-2114, October 2004. DOI : 10.1097/01.brs.0000141170.89317.0e.
- [13] M. B. Johnson, and R. E. Van Emmerik, "Effect of head orientation on postural control during upright stance and forward lean," *Motor Control*, Vol. 16, No. 1, pp. 81-93. Jan 2012. DOI : 10.1123/mcj.16.1.81.
- [14] J. Treleaven, "Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control", *Manual therapy*, Vol. 13, No. 1, pp. 2-11, February 2008. DOI

- : 10.1016/j.math.2007.06.003.
- [15] P. R. Blanpied, A. R. Gross, J. M. Elliott, L. L. Devaney, D. Clewley, D. M. Walton, ... and L. Torburn, "Neck pain: revision 2017: clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability and health from the orthopaedic section of the American Physical Therapy Association", *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Vol. 47, No. 7, pp. A1-A83. June 2017. DOI : 10.2519/jospt.2017.0302.
- [16] A. R. Gross, C. Goldsmith, J. L. Hoving, T. Haines, P. Peloso, P. Aker, P. Santaguida, C. Myers, and Cervical Overview Group, "Conservative management of mechanical neck disorders: a systematic review", *The Journal of rheumatology*, Vol. 34, No. 5, pp. 1083-1102. May 2007.
- [17] G. Kirkesola, "Neurac-a new treatment method for long-term musculoskeletal pain", *J Fysioterapeuten*, Vol. 76, No. 12, pp. 16-25. 2009.
- [18] T. Brandt, "Cervical vertigo—reality or fiction?", *Audiology and Neurotology*, Vol. 1, No. 4, pp. 187-196. 1996. DOI : 10.1159/000259201.
- [19] S. Y. Kim and T. Y. Kim, "Theoretical Basis and Application of the Neurac Technique Which Uses the Sling Exercise Therapy", *The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Therapy*, Vol. 12, No. 2, pp. 52-65, December 2006.
- [20] S. Yun, Y. L. Kim, and S. M. Lee, "The effect of neurac training in patients with chronic neck pain", *Journal of physical therapy science*, Vol. 27, No. 5, pp. 1303-1307, May 2015. DOI : 10.1589/jpts.27.1303.
- [21] G. B. Langley, and H. Sheppard, "The visual analogue scale: its use in pain measurement", *Rheumatology international*, Vol. 5, No. 4, pp. 145-148, July 1985. DOI : 10.1007/BF00541514
- [22] T. R. Yochum, and L. J. Rowe, "Essentials of skeletal radiology", Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins. 3rd pp. 152-153. 2004.
- [23] Y. W. Jung, "Effects of McKenzie exercise on the functional recovery and forward head posture of choronic neck pain patients", *Journal of Korean Society of Physical Medicine*, Vol. 1, No. 1, pp. 93-108. 2006.
- [24] J. D. Childs, J. A. Cleland, J. M. Elliott, D. S. Teyhen, R. S. Wainner, J. M. Whitman, ... and L. Torburn, "Neck pain: clinical practice guidelines linked to the International Classification of Functioning, Disability, and Health from the Orthopaedic Section of the American Physical Therapy Association", *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Vol. 38, No. 9, pp. A1-A34. September 2008. DOI : 10.2519/jospt.2008.0303.
- [25] R. Caillet "Soft tissue pain and disability, 2nd ed", Philadelphia: F.A. Davis Company, 1998.
- [26] Y. L. You, T. K. Su, L. J. Liaw, W. L. Wu, I. H. Chu, and L. Y. Guo, "The effect of six weeks of sling exercise training on trunk muscular strength and endurance for clients with low back pain", *Journal of physical therapy science*, Vol. 27 No. 8, pp. 2591-2596. 2015. DOI: 10.1589/jpts.27.2591.
- [27] S. Y. Kim, M. H. Kang, D. K. Lee, and J. S. Oh, "Effects of the Neurac® technique in patients with acute-phase subacromial impingement syndrome", *Journal of physical therapy science*, Vol. 27 No. 5, pp. 1407-1409. 2005. DOI: 10.1589/jpts.27.1407.
- [28] B. Gojanovic, F. Feihl, L. Liaudet, G. Gremion, and B. Waeber, "Whole-body vibration training elevates creatine kinase levels in sedentary subjects" *Swiss medical weekly*, Vol. 141 No. 4. pp. w13222, July 2011, DOI: 10.4414/smw.2011.13222.
- [29] S. Muceli, D. Farina, G. Kirkesola, F. Katch, and D. Falla, "Reduced force steadiness in women with neck pain and the effect of short term vibration", *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Vol. 21 No. 2, pp. 283-290. April 2011. DOI: 10.1016/j.jelekin.2010.11.011.
- [30] R. Melzack, and P. D. "Wall, Pain Mechanisms: A New Theory: A gate control system modulates sensory input from the skin before it evokes pain perception and response", *Science*, Vol. 15 No. 3699, pp. 971-979. Nov 1965. DOI: 10.1126/science.150.3699.971.
- [31] S. Y. Kim, and J. H. "Kwon, Lumbar stabilization exercises using the sling system", *The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy*, Vol. 7 No. 2, pp. 23-39. December 2001.
- [32] D. E. Harrison, D. D. Harrison, J. J. Betz, T. J. Janik, B. Holland, C. J. Colloca, and J. W. Haas, "Increasing the cervical lordosis with chiropractic biophysics seated combined extension-compression and transverse load cervical traction with cervical manipulation: nonrandomized clinical control trial", *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, Vol. 26 No. 3, pp. 139-151. March 2003. DOI: 10.1016/S0161-4754(02)54106-3.
- [33] J. McAviney, D. Schulz, R. Bock, D. E. Harrison, and B. Holland, "Determining the relationship between cervical lordosis and neck complaints", *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, Vol. 28 No. 3, pp. 187-193. March-April 2005. DOI: 10.1016/j.jmpt.2005.02.015.
- [34] D. M. Kim, S. Y. Ha, S. Y. Cho, Y. S. Kim, and S. S. Nam, "The study about the correlation between cervical hypolordosis and neck pain" *Journal of Acupuncture Research*, Vol. 25 No. 5, pp. 69-76. October 2008.
- [35] C. Rene, "Neck and arm pain" Philadelphia: Davis, pp. 348-367. 1991
- [36] S. M. Foreman, and A. C. Croft, "Whiplash injuries: the cervical acceleration/deceleration syndrome", Lippincott Williams & Wilkins. 2002.
- [37] K. K. Hansraj, "Assessment of stresses in the cervical spine caused by posture and position of the head", *Surg Technol Int*, Vol. 25 No. 25, pp. 277-279. 2014.
- [38] E. C. Chu, F. S. Lo, and A. Bhaumik, "Plausible impact of forward head posture on upper cervical spine stability", *Journal of family medicine and primary care*, Vol. 9 No. 5, pp. 2517-2520. May

2020. DOI: 10.4103/jfmpc.jfmpc_95_20.
- [39] D. H. Kim, and S. Y. Kim, "Comparison of immediate effects of sling-based manual therapy on specific spine levels in subjects with neck pain and forward head posture: a randomized clinical trial", *Disability and Rehabilitation*, Vol. 42 No. 19, pp. 2735-2742. 2020. DOI: 10.1080/09638288.2019.1571638.
- [40] E. Kristjansson, and J. Treleaven, "Sensorimotor function and dizziness in neck pain: implications for assessment and management", *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, Vol. 39 No. 5, pp. 364-377. May 2009. DOI: 10.2519/jospt.2009.2834.
- [41] G. Jull, D. Falla, J. Treleaven, P. Hodges, and B. Vicenzino, "Retraining cervical joint position sense: the effect of two exercise regimes. *Journal of orthopaedic research*, Vol. 25 No. 3, pp. 404-412, December 2006. DOI: 10.1002/jor.20220.
- [42] U. Røijezon, C. N. Lark, and J. Treleaven, "Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions", *Manual therapy*, Vol. 20 No. 3, pp. 368-377, June 2015. DOI: 10.1016/j.math.2015.01.008.
- [43] R. F. McLain, "Mechanoreceptor endings in human cervical facet joints", *Spine*, Vol. 19 No. 5, pp. 495-501. Mar 1994. DOI: 10.1097/00007632-199403000-00001.
- [44] J. X. Liu, L. E. Thornell, and F. Pedrosa-Domellöf, "Muscle spindles in the deep muscles of the human neck: a morphological and immunocytochemical study", *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, Vol. 51 No. 2, pp. 175-186. Feb 2003. DOI: 10.1177/002215540305100206.
- [45] A. G. Patwardhan, R. M. Havey, A. J. Ghanayem, H. Diener, K. P. Meade, B. Dunlap, and S. D. Hodges, "Load-carrying capacity of the human cervical spine in compression is increased under a follower load. *Spine*", Vol. 25 No. 12, pp. 1548-1554. June 2000. DOI: 10.1097/00007632-200006150-00015.
- [46] C. B. De Oliveira, I. R. De Medeiros, N. A. Frota, M. E. Greters, and A. B. Conforto, "Balance control in hemiparetic stroke patients: main tools for evaluation", *J Rehabil Res Dev*, Vol. 45 No. 8, pp. 1215-26. 2008. DOI: 10.1682/JRRD.2007.09.0150.
- [47] M. Karatas, N. Çetin, M. Bayramoglu, and A. Dilek, "Trunk muscle strength in relation to balance and functional disability in unihemispheric stroke patients", *American journal of physical medicine & rehabilitation*, Vol. 83 No. 2, pp. 81-87. February 2004. DOI: 10.1097/01.PHM.0000107486.99756.C7.
- [48] F. P. Kendall, E. K. McCreary, P. G. Provance, M. Rodgers, and W. A. Romani, "Muscles: Testing and function, with posture and pain: Includes a bonus primal anatomy", Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
- [49] M. R. Gossman, S. A. Sahrman, and S. J. Rose, "Review of length-associated changes in muscle: experimental evidence and clinical implications", *Physical therapy*, Vol. 62 No. 12, pp. 1799-1808. December 1982. DOI: 10.1093/ptj/62.12.1799.
- [50] J. Y. Kim, and K. I. Kwag, "Clinical effects of deep cervical flexor muscle activation in patients with chronic neck pain", *Journal of physical therapy science*, Vol. 28 No. 1, pp. 269-273. 2016. DOI: 10.1589/jpts.28.269.
- [51] E. Kristjansson, "Reliability of ultrasonography for the cervical multifidus muscle in asymptomatic and symptomatic subjects", *Manual therapy*, Vol. 9 No. 2, pp. 83-88. May 2004. DOI: 10.1016/S1356-689X(03)00059-6.
- [52] D. Falla, S. O'Leary, D. Farina, and G. Jull, "The change in deep cervical flexor activity after training is associated with the degree of pain reduction in patients with chronic neck pain", *The Clinical journal of pain*, Vol. 28 No. 7, pp. 628-634. September 2012. DOI: 10.1097/AJP.0b013e31823e9378.
- [53] M. Nasb, and Z. Li, "Sling suspension therapy utilization in musculoskeletal rehabilitation", *Open Journal of Therapy and Rehabilitation*, Vol. 4 No. 3, pp. 99-116. July 2016. DOI: 10.4236/ojtr.2016.43009.
- [54] S. M. McGill, and A. Karpowicz, "Exercises for spine stabilization: motion/motor patterns, stability progressions, and clinical technique", *Archives of physical medicine and rehabilitation*, Vol. 90 No. 1, pp. 118-126. January 2009. DOI: 10.1016/j.apmr.2008.06.0.
- [55] R. A. Harter, "Clinical rationale for closed kinetic chain activities in functional testing and rehabilitation of ankle pathologies", *Journal of Sport Rehabilitation*, Vol. 5 No. 1, pp. 13-24. 1996. DOI: 10.1123/jsr.5.1.13.

Authors



Jin-Wook Lee Assistant Professor at the Department of Exercise Prescription & Rehabilitation, Dankook University, Korea. His research interests are in sports medicine, exercise prescription, sports Rehabilitation,

exercise injury, exercise physiology. He received B.S. degree in Korea University. in 1999. He received the M.S degrees in Department of sports medicine and Ph.D. degree in exercise injury from Dankook university, Korea, in 2010 and 2017.



Moon-Kyun Lim adjunct professor at the Department of Health and Rehabilitation, Osan University. His Representative of IMS Gym. He received B.S. degree in Soon Chuyang University. in 2008.

He received the M.S degrees in Department of sports medicine from Dankook university, Korea, in 2010.