뒤로 걷기 운동과 언어 지시가 20대 대학생들의 앞쪽 머리 자세에 미치는 즉각적인 효과

박한규¹, 김태호², 김동우³

¹동주대학교 물리치료과, ²대구대학교 재활과학대학 물리치료학과, ³대구대학교 대학원 재활과학과

The Immediate Effect of the Backward Walking Exercise and Verbal Command on the Forward Head Posture of College Students in their 20s

Han-kyu Park¹, PT, PhD, Tae-ho Kim², PT, PhD, Dong-woo Kim³, PT, PhD

¹Department of Physical Therapy, Dong-ju College, Busan, ²Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University, ³Department of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University, Gyeongsan, Korea

Article Info

Received June 28, 2020

Revised July 15, 2020

Accepted July 22, 2020

Corresponding Author

Tae-ho Kim

E-mail: hohoho90@naver.com

<https://orcid.org/0000-0001-7939-2139>

Key Words

Backward walking

Craniorotational angle

Craniovertebral angle

Forward head posture

Background: Backward walking exercise may offer some unique and potentially beneficial differences compared with forward walking exercise. There is still a lack of research on backward walking exercises and forward head posture.

Objects: The purpose of this study was to determine the effect of backward walking exercise on college students forward head posture in their 20s.

Methods: Twenty-one subjects participated in the experiment. The subjects were those with a craniovertebral angle (CVA) of 55 degrees or less who understood the purpose and method of this study and voluntarily agreed. A camera capable of taking pictures of the lateral plane was installed at a distance of 1.5 meters before exercising. Pictures were taken before walking backward, and after walking for 15 minutes on the treadmill, the images were taken in the same way. The composition of the backward walking exercise was walking at a rate of 1.0 for 5 minutes, and the remaining 10 minutes were walking at a rate of 1.5. Wilcoxon signed rank test was used to compare CVA and craniorotational angle (CRA) before and after exercise.

Results: As a result of this study, there was a significant difference in CVA before and after exercise ($p < 0.05$). There was a significant difference in CRA before and after exercise ($p < 0.05$).

Conclusion: The backward walking exercise and verbal command seems to have positively influenced the changes in CVA and CRA among college students in their 20s. It seems that studies to confirm balance or muscle activity as well as changes in forward head posture through the long-term intervention of the backward walking exercise should be conducted.

INTRODUCTION

거북목 증후군(turtle neck syndrome)이라고 하는 앞쪽 머리 자세(forward head posture)는 장시간 책상에 앉은 자세, 컴퓨터 게임, 그리고 최근 스마트폰 사용의 급증으로 인하여 구부정하게 앉아서 생활하는 사람들에게서 흔히 볼 수 있는 현상이다[1]. 앞쪽 머리 자세는 최근에 급속도로 진행되는 인터넷 및 IT 기기의 보급으로 인하여 발생될 확률이 높으며 특히 10-30대에서 스마트폰의 사용으로 인하여 앞쪽

머리 자세가 많이 나타난다고 하였다[2]. 이러한 앞쪽 머리 자세는 머리의 중력 중심선이 인체의 가쪽 중력 중심선보다 앞·위쪽으로 이동되면서 목뼈가 머리를 지탱하는 무게가 증가되는 비정상적인 자세를 의미하며 이때 아랫 목뼈는 과다 굽힘되며 윗 목뼈는 과다 펴는 기능장애를 동반할 뿐 아니라 머리의 비정상적인 위치로 인하여 윗 목뼈 펴근의 과도한 긴장과 함께 아랫 목뼈의 깊은 목 굽힘근들과 등뼈의 펴근들에 약화를 유발하는 동시에 목뼈와 허리뼈에도 손상을 미칠 수 있으며 인대에도 영향을 주어 결국 목뼈의 정상적인 앞굽이(lordotic curve)를

소실하게 된다고 하였다[3].

앞쪽 머리 자세를 교정하기 위한 기존 선행연구들의 중재 방법들은 목 부위에 직접적으로 적용한 수많은 중재 방법들이 적용되고 있다. 목 통증을 호소하는 앞쪽 머리 자세를 가진 환자를 대상으로 슬링 운동과 맥켄지 운동에서 통증, 목 정렬 등에 유의한 차이를 확인하였고[4], 앞쪽 머리 자세를 가진 환자를 대상으로 목운동지지 척추 자가-관절가동 훈련에서 목뼈의 정렬과 가동범위 등의 증가를 확인하였으며[5], 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 깊은 목굽힘근 운동에서 머리 척추각(cranio-vertebral angle, CVA), 머리 회전각(craniorotational angle, CRA)에서 유의한 차이를 보였다[6]. 하지만 앞쪽 머리 자세와 같은 특히 목 부위의 비정상적인 구조를 교정하기 위해서는 신체 전반에 걸친 불균형에 대한 문제를 해결하는 것이 타당하다고 하였다[7]. 즉 앞쪽 머리 자세는 머리가 앞으로 이동하고 등은 굽어 있어서 신체의 무게중심이 앞으로 이동하며 이러한 척추의 변화는 무게중심을 이동시키고 잘못된 패턴으로 보행까지 영향을 미치기 때문에 이를 해결하기 위한 방법으로 걷기 운동은 머리, 목, 몸통과 그리고 골반의 서로 유기적인 관계를 유지하며 적절한 각 관절 가동범위와 안정성을 가져오기 때문에 몸의 불안정성과 전체 정렬을 효과적으로 조절할 수 있다고 하였다[8,9].

또한, 보행 중 뒤로 걷기(backward walking) 운동은 앞으로 걷기(forward walking) 운동과 마찬가지로 운동 역학적인 측면뿐 아니라 운동 형상학적인 측면까지 이해해볼 필요가 있다고 제시하였다[10]. 나아가 뒤로 걷기 운동은 앞으로 걷기보다 보행 시간과 보행 빈도를 증가시키고 지구력을 증가시킬 수 있다고 하였으며[11], Thomas와 Fast [12]는 뒤로 걷기 운동이 보행과 균형 능력을 증가시키고 앞으로 걷기보다 지구력을 향상시키고 보행 빈도를 증가시키는 데 효과적이라고 하였다. 보행과 관련하여 앞쪽 머리 자세를 연구한 기존 선행연구들은 앞쪽 머리 자세를 진단받은 초등학교 아이들을 대상으로 뒤로 걷기 운동을 한 결과 목뼈의 중력 중심선의 변화와 목뼈 만곡도의 변화가 유의미하게 나타났다고 하였으며[1], 뒤로 걷기 운동은 앞으로 걷기 운동보다 많은 근육들의 동원과 근활성도를 나타낸다고 하였으며[13], 뒤로 걷기 운동의 이점인 근력 강화나 균형의 개선을 위해 특수 재활치료가 이들이 이 방법을 선호한다고 하였다[14]. 신경근 병변 환자들을 대상으로 뒤로 걷기 훈련에서 허리뼈 펴기의 근력 증가를 확인하였고[15], 뇌졸중 편마비 환자를 대상으로 뒤로 걷기 운동에서 균형능력 및 보행능력의 증가를 확인하였으며[16], 뒤로 걷기의 속도가 빨라짐에 따라 발목, 무릎, 엉덩관절에서 일어나는 각도의 감소, 골반의 좌우 이동범위의 감소, 신체의 중심이 낮아짐으로 운동 역학이 바뀌며 안정성이 높아진다고 하였다[17]. 특히 목 주위의 수많은 근육과 인대들은 고유수용성 감각과 함께 자세 유지에 관여하며 특히 보행에 있어 매우 중요한 역할을 하게 되는데 앞쪽 머리 자세로 인한 목의 변형은 목과 어깨뿐 아니라 허리뼈와 골반까지 영향을 주고 동시에 자세 불균형과 함께 보행에도 영향을 미칠 수 있다고 하였다[18-20].

앞서 언급하였듯이 앞쪽 머리 자세 교정과 관련하여 기존 선행연구들은 목 부위에 집중한 중재 방법들이 많이 연구되어 있으며 특히나 앞

쪽 머리 자세로 인한 신체 전반에 걸친 문제점들을 해결하기 위한 물리 치료적인 접근법으로서 보행과 관련하여서는 연구가 부족한 실정이다. 결과적으로 보행과 신체 보상작용에 나타나는 비정상적인 자세에 대한 연구는 부족하며 특히 뒤로 걷기와 앞쪽 머리 자세에 관한 연구는 아직 미비한 상황이다. 따라서 본 연구는 앞쪽 머리 자세인 20대 대학생들을 대상으로 뒤로 걷기 운동이 머리 척추각과 머리 회전각에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 진행하였다.

MATERIALS AND METHODS

1. 연구대상자

본 연구는 동주대학교에 재학중인 신체 건강한 20대 학생들을 대상으로 본 연구의 목적과 방법에 대해 자세한 설명을 듣고 이해하며 자발적인 동의를 한 참가자들 중 앞쪽 머리 자세를 가진 21명을 대상으로 실시하였다(남자 11명, 여자 10명). 대상자 선정 기준은 과거 수술 경험 없이 운동하지 않는 자들 중에서 특히 기존 선행 연구의 내용을 토대로 귀의 중심이 어깨의 중심보다 2.5 cm 이상 앞에 위치한 대상자들 중 CVA 각도가 55° 이하인 자들을 선정하였다[21]. 대상자들의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1). 본 연구는 헬싱키 선언에 의한 연구 윤리를 준수하였다.

2. 측정방법

뒤로 걷기 운동 전과 후의 CVA와 CRA의 변화를 확인하기 위하여 뒤로 걷기 운동 전에 먼저 대상자는 맨발로 제자리 걸음을 5회 시행한 뒤 편안한 자세로 양팔을 이완시켜 몸통 옆에 놓게 한 후 가장 편안한 머리 위치를 위하여 굽힘과 폼을 큰 폭으로 수행한 후 점차적으로 폭을 줄이면서 가장 자연스러운 자세로 있게 하는 자가-균형자세(self-balance posture)를 시행한 후에 시각에 의한 자세의 변화를 최대한 줄이기 위하여 연구대상자들의 키를 고려한 각자 시선 높이에 맞는 정면의 한 지점을 바라보게 지시하였다[22]. 그리고 대상자의 가쪽으로 1.5 m 떨어진 곳 그리고 높이는 각 대상자의 어깨 높이에 삼각대를 위치하여 디지털 카메라(SM-G988N; Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon, Korea)를 이용하여 사진을 촬영하였다. 사진 촬영 시 정확한 위치를 측정하기 위해 대상자의 귀구슬(tragus)과 목뼈 7번의 가시돌기(spinous process)에 각각 마커를 표시하였다. 촬영하고 난 후 사진을 컴퓨터로 전송하여 Image J의 각도 프로그램을 이용하여 CVA와

Table 1. General characteristics of subjects (N = 21)

Variables	Value
Age (y)	23.5 ± 3.2
Height (cm)	167.7 ± 6.3
Weight (kg)	69.8 ± 16.5
CVA (°)	52.4 ± 3.3

Values are presented as mean ± standard deviation. CVA, craniovertebral angle.

CRA를 측정하였다. Image J는 프리웨어(freeware)로 다양한 이미지를 분석하기 위한 목적으로 자주 사용되는 프로그램으로 임상에서 주로 사용되고 신뢰할 만한 분석 프로그램이다[23]. 따라서 위 프로그램을 이용하여 대상자들의 사진을 바탕으로 앞쪽 머리 자세의 선정 기준인 CVA와 CRA를 측정하였다[24] (Figure 1).

기존 선행 연구들을 통하여 CVA와 CRA를 쉽고 저렴한 비용으로 측정하는 방법인 일반 디지털카메라로 촬영하는 방식은 방사선 노출의 위험도 없고 비용의 부담도 없으며 여러 번 측정할 수 있다는 장점이 있다. 그리고 최근 연구들에서도 자주 사용하고 있어 비교적 신뢰성을 가지고 있다고 할 수 있다. CVA는 머리가 앞으로 나간 정도를 어깨와 귀구슬에 점을 찍어 서로 선으로 긋고 각도를 재어 쉽게 앞쪽 머리 자세의 정도를 알 수 있는 방법으로 제7 목뼈의 가시돌기를 기준으로 수평선을 긋고 제7 목뼈의 가시돌기와 귀구슬 부분을 연결한 선이 CVA이며, 이는 아래 목뼈의 굽힘 상태를 나타낸다. 그리고 CVA 각도의 값이 작다면 앞쪽 머리 자세는 증가할 것이며, 목 부위의 통증 또한 생기게 된다. 또한, CRA는 제7 목뼈의 가시돌기와 귀구슬을 연결한 선과 귀구슬과 가쪽 눈구석을 연결한 선에 의해 형성된 각으로 위 목뼈의 펴 정도를 나타낸다. 앞쪽 머리 자세가 심할수록 CVA는 감소하며 CRA는 증가한다[24-26]. 촬영은 동일한 측정자가 촬영하였으며 컴퓨터 화면으로 옮겨와서 또 다른 측정자가 Image J 프로그램으로 각 대상자들의 CVA, CRA 값을 3회 측정하여 평균값을 결과값으로 채택하였다. 측정자 내 신뢰도(intraclass correlation coefficient, ICC)는 0.86이다.

3. 운동방법

본 연구에서의 운동방법은 기존 선행연구들의 방법과 예비 실험을 통하여 본 연구에 맞게 수정 보완하였다[1,27]. 트레드밀에서의 운동 시간은 총 15분 중 첫 5분간은 1.0 km/h의 속도로 준비 운동 차원에서 뒤로 걷기를 한 뒤 나머지 10분간은 1.5 km/h로 속도로 본격적인 뒤로 걷기를 실시하였다. 트레드밀에서 뒤로 걸을 때 기존 선행 연구의

운동 방법을 토대로 대상자들에게 허리를 곧게 편 상태에서 턱을 살짝 당기고 아랫배에 힘을 주며 걸을 수 있도록 하였으며[28], 예비 실험에서 발생한 대상자들의 앞으로 걸을 때의 정상적인 보폭보다 좁아진 보폭과 트레드밀 중간지점의 위치를 유지할 수 있도록 트레드밀 중간에 막대(bar)를 놓고 트레드밀에서 뒤로 걷기 운동 시 적당한 보폭과 거리를 유지할 수 있게 하였으며 본 실험 전에 각자 대상자들에게 충분한 연습시간을 제공하였다(Figure 2). 예비 실험 때 운동 후에 대상자들이 호소한 감각 이상과 어지럼증 등을 줄이기 위하여 3분간의 휴식시간을 제공한 뒤 CVA와 CRA의 측정 방법과 동일한 방법으로 사진 촬영을 하고 결과값을 분석하였다. 모든 결과값은 3회 평균의 값을 채택하였다.

4. 분석방법

본 연구의 자료 분석은 SPSS version 22.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하였으며 측정된 결과값을 평균과 표준편차로 산출하였다. 대상자들의 일반적인 특성은 기술통계를 사용하였고 Shapiro-Wilk 정규성 검정을 통하여 뒤로 걷기운동 전과 후의 CVA와 CRA를 비교, 분석하기 위하여 비모수 검정인 윌콥슨 부호 순위 검정(Wilcoxon signed rank test)을 사용하였다. CVA와 CRA를 측정한 측정자 내 신뢰도를 확인하기 위하여 ICC를 사용하였다. 또한, 뒤로 걷기 운동 전과 후의 차이 혹은 관계를 확인하기 위하여 Cohen's d의 효과크기(effect size)를 확인하였다. 모든 통계학적인 유의수준은 0.05로 하였다.

RESULTS

뒤로 걷기 운동에 따른 CVA와 CRA의 변화는 Table 2와 같다. 뒤로 걷기 운동 전에 CVA는 $52.4 \pm 3.3^\circ$ 에서 뒤로 걷기 운동 후에 $57.6 \pm 5.3^\circ$ 로 각도의 증가를 확인하였다($p < 0.05$). 뒤로 걷기 운동 전과 후의 CVA의 변화는 유의하게 증가하였으며 효과크기는 1.2로 큰 것으로 나타났다.

뒤로 걷기 운동 전에 CRA는 $148.7 \pm 6.4^\circ$ 에서 뒤로 걷기 운동 후에 $143.6 \pm 4.3^\circ$ 로 각도의 감소를 확인하였다($p < 0.05$) (Figure 3). 뒤

Figure 1. Craniovertebral angle (A) and craniorotational angle (B) angle with Image J.

Figure 2. Exercise method. Backward walking on the treadmill using bar.

Table 2. Comparison of CVA and CRA before and after backward walking

Variables	Pre	Post	z	p-value	Effect size (d)
CVA (°)	52.4 ± 3.3	57.6 ± 5.3	-4.0	0.000	1.2
CRA (°)	148.7 ± 6.4	143.6 ± 4.3	-3.2	0.001	0.9

Values are presented as mean ± standard deviation. CVA, craniovertebral angle; CRA, craniorotational angle.

Figure 3. Comparison of craniovertebral angle and craniorotational angle before and after backward walking. * $p < 0.05$.

로 걷기 운동 전과 후의 CRA의 변화는 유의하게 감소하였으며 효과크기는 0.9로 큰 것으로 나타났다.

DISCUSSION

앞쪽 머리 자세로 인한 목뼈 정렬의 이상은 신체 전체에 영향을 미치며 최종적으로 보행에도 영향을 미치는 것을 확인하였다[7,18-20]. 따라서 본 연구는 20대 앞쪽 머리 자세 대상자들에게 트레드밀 위에서 뒤로 걷기 운동이 CVA와 CRA에 어떠한 영향을 미치는지 확인하고자 진행하였다.

뒤로 걷기 운동은 앞으로 걷기 운동보다 같은 속도로 걸을 때 앞으로 걷기와 비교하여 근 활성화에서 뒤로 걷기가 훨씬 높은 활성도를 확인하였으며 신진대사 요구나 산소 소비도 훨씬 크다고 하였다[29,30]. 또한, 다리의 운동학적 측면에서 걸음 거리(step lengths)에도 영향을 미친다고 하였다[31]. 그리고 뒤로 걸을 때 시각 정보가 부족하기 때문에 걷는 속도가 느릴 수 있다고는 하였지만, 무엇보다 균형이나 움직임의 적극성에 있어서 큰 차이를 나타낸다고 하였다[29]. 기존 선행 연구들에서 뒤로 걷기 운동을 통하여 골반 정렬의 효과 또는 인체 중심부 근육들의 활성화 증가를 확인하였다[32,33]. 위와 같은 결과는 뒤로 걷는 운동이 익숙하지 않은 동작으로 인하여 평소보다 더 많은 근육-신경(neuro-muscular)의 동원과 함께 허리의 유연성 및 움직임 증가를 가져오고 신체 앞·뒤쪽의 안정성 증가의 결과라고 하였다[1,34].

앞쪽 머리 자세와 관련하여 아래 방향의 트레드밀 운동(downhill treadmill walking exercise)에서 CVA 각도의 증가와 등뼈 주위 척추 근육들의 근 활성도가 증가하였고 등뼈의 뒤굽음이 감소하고 목뼈

주위 근육들의 근 활성도가 증가한 것을 확인하였다. 이는 앞으로 걸어가 기울어짐에 따라 중력 중심선의 뒤쪽이동으로 인하여 목뼈의 재정렬(re-aligned)을 이루는 근육들의 활성도가 증가한 결과라고 하였다[27]. 나아가 아래 방향의 트레드밀 운동을 할 때 척추 앞으로 떨어지는 인체 중심선에 대항하여 몸을 뒤쪽 방향으로 유지하기 위하여 척추세움근(erector spine muscle)의 활성도가 증가한 결과라고 하였다[27,35].

본 연구결과에서도 트레드밀 위에서 뒤로 걷기 운동을 통하여 CVA와 CRA에서 유의한 차이를 확인하였다($p < 0.05$). 이는 위의 기존 선행연구들에서 확인하였듯이 뒤로 걷기 운동은 더 많은 다리 근육의 활성도와 근력의 증가를 통하여 중심 깊은 배 근육들에 영향을 주어 허리 뼈에서부터 등뼈와 목뼈 자세에 영향을 준 것으로 생각되며 무게중심의 관점에서 뒤로 걷기 운동은 발가락이 먼저 닿고 이어서 뒤꿈치가 닿으면서 무게중심의 이동에 대한 보상작용으로 인한 결과라고 생각한다. 그리고 뒤로 걷기 운동을 할 때 바른 자세를 강조하여 척추 주변 근육들의 자극과 골반과 배 근육의 활성화로 운동감각 신경이 통합적으로 작용한 결과라고 생각되며 추가적으로 뒤로 걷기 운동을 할 때 자세를 유지하는 데 필요한 자세유지 근육들인 깊은 척추 근육들의 수축 결과라고 생각된다. 이러한 변화들은 미리 정해진 트레드밀 속도에 맞게 짧아진 보폭 거리(stride length)의 대상작용으로 인한 보폭 수(stride frequency) 증가의 결과이며 보폭 수의 변화는 뒤로 걷기 운동을 할 때 발생하는 각 관절의 운동역학과 운동학(kinematic and kinetic)의 결과라고 하였다[36-38]. 결과적으로 뒤로 걷기 운동의 다양한 측면의 이점들이 작용하여 본 연구에서 건강한 20대 앞쪽 머리 자세를 가진 대상자들을 대상으로 트레드밀에서 뒤로 걷기 운동 전과 후에 CVA에서 각도의 증가를 확인하였고 CRA에서는 각도의 감소를 확인하였다.

하지만 본 연구에서 여러 가지 제한점들이 존재한다. 먼저 뒤로 걷기 운동을 통하여 운동조절(motor control)의 증가와 각 관절 스트레스의 감소 그리고 넓다리네갈래근(quadriceps)의 근력증가와 넓다리뒤근육(hamstring muscles)들의 유연성(flexibility) 증가를 확인하였고 나아가 이러한 결과를 통한 신체 균형과 보행의 시공간 요소(spatio-temporal parameters)의 증가를 확인한 기존 선행연구[18-20,39]와는 달리 본 연구는 트레드밀 위에서 뒤로 걷기 운동의 앞쪽 머리 자세에 영향을 미치는 즉각적인 효과를 확인하였기에 즉각적인 효과가 아닌 중재 기간을 적용한 다양한 변인들 즉 근 활성화 특히 목 주위 근육의 활성화 그리고 보행 및 균형과의 관계에 대한 연구가 이루어져야 한다. 둘째, 대상자들의 수와 연령층이 제한적이라서 연구 결과를 일반화하기에는 역부족이다. 셋째, 뒤로 걷기 운동을 통한 등과 허리의 정렬

에 대한 각도 분석이 부족하였다. 넷째, 뒤로 걷기 운동을 통한 보행 변수들을 확인하지 못하였다. 다섯째, 뒤로 걷기 운동과 비교할 수 있는 대조군이 없어 본 연구의 중재 효과를 명확히 하는 데 어려운 점이 있었다. 따라서 위와 같은 본 연구의 제한점들을 수정 보완하여 추가적인 연구가 이루어졌으면 한다.

CONCLUSIONS

본 연구는 앞쪽 머리 자세를 가진 20대 대학생들을 대상으로 트레드밀 위에서 실시한 뒤로 걷기 운동이 CVA와 CRA에 미치는 영향을 알아보고자 진행하였다.

본 연구결과 트레드밀 위에서 실시한 뒤로 걷기 운동 전과 후에서 CVA에서 각도의 증가를 확인하였다. 또한, CRA에서 각도의 감소를 확인하였다. 결과적으로 뒤로 걷기 운동이 앞쪽 머리 자세에 긍정적인 영향을 제공하였다.

따라서 본 연구 결과를 토대로 앞쪽 머리 자세를 해결하기 위한 기존의 중재 접근법 외에 전체적인 신체에 긍정적인 영향을 제공하는 뒤로 걷기 운동의 중재 방법을 통한, 보다 다양한 뒤로 걷기 접근 방법으로 여러 가지 변수들을 확인하는 추가적인 연구가 이루어지길 바란다.

CONFLICTS OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: HP, TK, DK. Data curation: HP, TK, DK. Formal analysis: HP, TK, DK. Funding acquisition: HP, TK, DK. Investigation: HP, TK, DK. Methodology: HP, TK, DK. Project administration: HP, TK, DK. Resources: HP, TK, DK. Software: HP, TK, DK. Supervision: HP, TK, DK. Validation: HP, TK, DK. Visualization: HP, TK, DK. Writing - original draft: HP, TK, DK. Writing - review & editing: HP, TK, DK.

ORCID

Han-kyu Park, <https://orcid.org/0000-0001-6742-2409>

Dong-woo Kim, <https://orcid.org/0000-0002-5800-7956>

REFERENCES

1. Jo BG. The effect of forward and backward walking on turtle neck syndrome in elementary students. Seoul, Korea National Sport University, Master's thesis. 2018.
2. Ahmadi J, Razeghian Jahromi L. Comparing the effect of buprenorphine and methadone in the reduction of methamphetamine craving: a randomized clinical trial. *Trials* 2017;18(1):259.
3. Janwantanakul P, Sitthipornvorakul E, Paksachol A. Risk factors for the onset of nonspecific low back pain in office workers: a systematic review of prospective cohort studies. *J Manipulative Physiol Ther* 2012;35(7):568-77.
4. Jang JW. The effects of sling exercise and Mckenzie exercise on forward head posture. Seoul, Sahmyook University, Master's thesis. 2017.
5. Oh HT. Effect of support spine of neck auto-mobilization training on cervical spine alignment, range of motion and muscle activity in adults with forward head posture. Daegu, Daegu University, Doctoral Dissertation. 2018.
6. Yang SA. The effect of deep flexor neck strengthening exercise and thoracic mobilization exercise on pain, dynamic balance, cervical/thoracic angle of the forward head posture region in patients with chronic stroke. Nonsan, Konyang University, Master's thesis. 2017.
7. Lee GR. The effect of changes in head and neck posture on the foot and temporomandibular joint in healthy people. Seoul, Kyonggi University, Doctoral Dissertation. 2011.
8. Ehrlich R, Garlick D, Ninio M. The effect of jaw clenching on the electromyographic activities of 2 neck and 2 trunk muscles. *J Orofac Pain* 1999;13(2):115-20.
9. Hoogkamer W, Meyns P, Duysens J. Steps forward in understanding backward gait: from basic circuits to rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev* 2014;42(1):23-9.
10. Ansari B, Bhati P, Singla D, Nazish N, Hussain ME. Lumbar muscle activation pattern during forward and backward walking in participants with and without chronic low back pain: an electromyographic study. *J Chiropr Med* 2018;17(4):217-25.
11. Nadeau SE, Dobkin B, Wu SS, Pei Q, Duncan PW; LEAPS Investigative Team. The effects of stroke type, locus, and extent on long-term outcome of gait rehabilitation: the LEAPS experience. *Neurorehabil Neural Repair* 2016;30(7):615-25.
12. Thomas MA, Fast A. One step forward and two steps back: the dangers of walking backwards in therapy. *Am J Phys Med Rehabil* 2000;79(5):459-61.
13. Gray GW. Chain reaction: successful strategies for closed chain testing and rehabilitation. Adrian: Wynn Marketing;

- 1989;13-5.
14. **Masumoto K, Takasugi S, Hotta N, Fujishima K, Iwamoto Y.** Muscle activity and heart rate response during backward walking in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol* 2005;94(1-2):54-61.
15. **Ahn JS, Lee JH, Ahn WH.** Effect of 8-week backward walking training on the lumbar extensor muscle in patients with lumbar radiculopathy. *Korean J Neural Rehabil* 2015;5(2):14-21.
16. **Shin KH.** Effects of backward walking exercise program on balance and gait in hemiplegic patients with stroke. Chungju, Korea National University of Transportation, Master's thesis. 2014.
17. **Park HK.** Analysis of the gait patterns on backward and forward walking. Seoul, Seoul National University, Master's thesis. 2005.
18. **El-Basatiny HM, Abdel-Aziem AA.** Effect of backward walking training on postural balance in children with hemiparetic cerebral palsy: a randomized controlled study. *Clin Rehabil* 2015;29(5):457-67.
19. **Swati K, Ashima C, Saurabh S.** Efficacy of backward training on agility and quadriceps strength. *Elixir Human Physiol* 2012;53:11918-21.
20. **Whitley CR, Dufek JS.** Effects of backward walking on hamstring flexibility and low back range of motion. *Int J Exerc Sci* 2011;4(3):192-8.
21. **Kim YJ.** The effect of ballet program on turtle neck syndrome in office workers. Seoul, Hanyang University, Master's thesis. 2012.
22. **Son MJ.** The effect of postural training through action observation on forward head posture and rounded shoulder posture. Seosan, Hanseo University, Master's thesis. 2012.
23. **Sun Z, Wang Y, Ji S, Wang K, Zhao Y.** Computer-aided analysis with image J for quantitatively assessing psoriatic lesion area. *Skin Res Technol* 2015;21(4):437-43.
24. **Park HK, Lee SY, Kim TH.** The exception case about the diagnose forward head posture using the CranioVertebra angle, CranioRotation angle and Cobb angle: a case report. *J Korean Soc Phys Med* 2015;10(2):29-34.
25. **Salahzadeh Z, Maroufi N, Ahmadi A, Behtash H, Razmjoo A, Gohari M, et al.** Assessment of forward head posture in females: observational and photogrammetry methods. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2014;27(2):131-9.
26. **Silva AG, Punt TD, Johnson MI.** Reliability and validity of head posture assessment by observation and a four-category scale. *Man Ther* 2010;15(5):490-5.
27. **Lee JH.** Effect of a 4-week downhill treadmill walking exercise in subjects with thoracic kyphosis and forward head posture. Seoul, Yonsei University, Master's thesis. 2020.
28. **Galley PM, Forster AL.** Human movement: an introductory text for physiotherapy students. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone; 1987.
29. **Kim SG, Ryu YU, Je HD, Jeong JH, Kim HD.** Backward walking treadmill therapy can improve walking ability in children with spastic cerebral palsy: a pilot study. *Int J Rehabil Res* 2013; 36(3):246-52.
30. **Moriello G, Pathare N, Cirone C, Pastore D, Shears D, Sulehri S.** Comparison of forward versus backward walking using body weight supported treadmill training in an individual with a spinal cord injury: a single subject design. *Physiother Theory Pract* 2014;30(1):29-37.
31. **Foster H, DeMark L, Spigel PM, Rose DK, Fox EJ.** The effects of backward walking training on balance and mobility in an individual with chronic incomplete spinal cord injury: a case report. *Physiother Theory Pract* 2016;32(7):536-45.
32. **Bono CM.** Low-back pain in athletes. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86(2):382-96.
33. **Heck JF, Sparano JM.** A classification system for the assessment of lumbar pain in athletes. *J Athl Train* 2000;35(2):204-11.
34. **Hao WY, Chen Y.** Backward walking training improves balance in school-aged boys. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol* 2011;3:24.
35. **Lee J, Jeon H, Kim J, Park J, Yoon H.** Immediate effects of the downhill treadmill walking exercise on thoracic angle and thoracic extensor muscle activity in subjects with thoracic kyphosis. *Phys Ther Korea* 2019;26(2):1-7.
36. **Hackney ME, Earhart GM.** The effects of a secondary task on forward and backward walking in Parkinson's disease. *Neurorehabil Neural Repair* 2010;24(1):97-106.
37. **Kurz MJ, Wilson TW, Arpin DJ.** Stride-time variability and sensorimotor cortical activation during walking. *Neuroimage* 2012;59(2):1602-7.
38. **Lacquaniti F, Ivanenko YP, Zago M.** Patterned control of human locomotion. *J Physiol* 2012;590(10):2189-99.
39. **Abdel-Aziem AA, El-Basatiny HM.** Effectiveness of backward walking training on walking ability in children with hemiparetic cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2017;31(6):790-7.